Lane Medical Library

Ueber die

Athmungsbewegungen bei den verschiedenen Formen des Pneumothorax.

Experimentelle Untersuchungen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades

eines

Doctors der Medicin

verfasst und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten Medicinischen Facultät der Kaiserlichen Universität

zu Dorpat

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

M. Kreps.

Ordentliche Opponenten:

Doc. Dr. E. Stadelmann. — Prof. Dr. H. Unverricht. — Prof. Dr. C. Dehio.

Dorpat.

Schnakenburg's Buchdruckerei.

1891.

Gedruckt mit Genehmigung der Medicinischen Facultät.
Referent: Professor Dr. H. Unverricht.
Dorpat, den 27. März 1891.
No. 163. Decan: Dragendorff.

Meinen Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet.

Bei Veröffentlichung dieser Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht Herrn Prof. Dr. H. Unverricht, der mich zu diesen Untersuchungen anregte und bei Ausführung derselben jederzeit mit Rath und That unterstützte, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154018_0157

Einleitung.

Während die Kenntniss der klinischen Erscheinungen und der Diagnostik des Pneumothorax frühzeitig durch die Arbeiten Laennec's, Scoda's, Wintrich's und anderer hervorragender Autoren wesentlich gefördert worden ist, konnte man lange Zeit das von der Kenntniss der Mechanik der Athmung bei dieser Krankheitsform nur in sehr beschränkter Weise behaupten.

Einige Autoren die sich mit der Physiologie und Pathologie der Respiration beschäftigt haben, z. B. Breuer, Guttmann, Leichtenstern etc., sind auf den Gedanken gekommen den Pneumothorax zu benutzen und die Respiration unter Anderem auch unter dem Einflusse dieser Krankheitsform zu studiren.

Zum speciellen Studium des Pneumothorax in Bezug auf die Athmungsmechanik schritten zuerst Weil und Thoma[1]). Sie untersuchten an Kaninchen die Frequenz der Athmung und die respirirten Luftmengen, also den Athmungseffect bei geschlossenem und offenem Pneumothorax.

---

1) Zur Pathologie des Hydrothorax und Pneumothorax. Virchow's Arch., Bd. 75, Heft 3.

Darauf machte Weil in einer Arbeit, welche er allein publicirte[1]), den Versuch den Pneumothorax nach einer anderen Richtung hin zu studiren. Von der Auffassung ausgehend, dass die klinischen Erscheinungen des Pneumothorax durch Störungen bedingt sind, welche die Athmung und Circulation in rein mechanischer Weise beeinflussen, unternahm Weil die Aufgabe die Factoren näher kennen zu lernen, die diese Störungen herbeiführen. Diese Factoren, Menge und Druck der pneumothoracischen Luft, die das Verhalten der Lunge und den Grad der Verdrängungserscheinungen bedingen, sind für die Athmungsmechanik natürlich von grosser Bedeutung. Weil untersuchte eingehend den Einfluss dieser Factoren und illustrirte ausserdem die Athemfrequenz und die Tiefe der respiratorischen Excursionen des Thorax durch aufgenommene Athmungscurven bei verschiedenen Arten des Pneumothorax.

In dieser Arbeit machte Weil aufmerksam auf die Wichtigkeit der Unterscheidung der verschiedenen Arten des Pneumothorax und vor allen Dingen auf die eigenthümlichen mechanischen Verhältnisse beim Ventilpneumothorax. Die Weil'sche Arbeit ist im December 1879 im Deutschen Archiv für klinische Medicin erschienen. Kurze Zeit vorher, am 28. November 1879, hatte Unverricht in der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur einen Vortrag gehalten, in welchem er eine genaue klinische Analyse des Ventilpneumothorax gab und auf die Bedeutung der ver-

1) Zur Lehre vom Pneumothorax. Leipzig 1882.

schiedenen Pneumothoraxformen für die Frage der operativen Behandlung hinwies*).

Die Frage über den Mechanismus der Athembewegungen hat seit den Weil'schen Untersuchungen keine weitere experimentelle Bearbeitung gefunden.

Wenn auf die Wichtigkeit der strengen Unterscheidung der verschiedenen Pneumothoraxarten schon seit mehr als einem Decennium hingewiesen worden ist, so mangelt es doch bis auf den heutigen Tag in der Auffassung und Definition dieser verschiedenen Arten in den meisten Lehrbüchern an Klarheit und Präcision. Ja, wie wir später sehen werden, wird auch die Wichtigkeit ihrer klinischen Diagnose nicht immer anerkannt. Durch diesen Umstand fühlen wir uns veranlasst, auf die Besprechung der einzelnen Pneumothoraxarten und der praktischen Bedeutung ihrer klinischen Diagnose etwas ausführlicher einzugehen.

---

*) Verhandlungen der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur 1879 und Zeitschrift für klinische Medicin, Bd. 1. „Ueber ein neues Symptom zur Diagnose der Lungenfistel beim Pyopneumothorax".

Formen des Pneumothorax.

Wir unterscheiden zwei Hauptarten von Pneumothorax: den offenen und den geschlossenen; der Zustand der Perforationsstelle ist für diese Eintheilung massgebend.

Stellt die Fistel eine klaffende Oeffnung dar, durch welche die Pleurahöhle mit der atmosphärischen Luft in direkter Communication steht, so nennen wir dies einen offenen Pneumothorax. Durch diese offene Fistel wird der Luftstrom unbehindert bei der Inspiration in die Pleurahöhle hinein und bei der Exspiration hinausstreichen. Wenn ein Trauma eine klaffende Wunde in der Brustwand erzeugt, durch die die Pleurahöhle mit der Aussenluft in Communication gebracht wird, so resultirt daraus ein offener Pneumothorax und zwar ein nach aussen offener. Andererseits können destruirende Processe der Lunge die Pleura pulmonalis durchbrechen und eine freie Communication zwischen der Pleurahöhle und der Lungenluft bewerkstelligen. Ist die Perforationsöffnung in der Pleura pulmonalis klaffend, besitzt der ganze Fistelgang starre Wandungen, so dass die Luft durch diesen Weg frei und leicht ein und ausströmen kann, so haben wir

einen nach innen offenen Pneumothorax. Es ist auch ein doppelt offener Pneumothorax denkbar, bei welchem eine Oeffnung durch die Pleura pulmonalis nach der Lunge, die andere durch die Thoraxwand nach aussen führt. So kann es z. B. vorkommen, dass ein Empyem die Lunge durchbrochen hat und dass dabei noch durch eine Operation die Thoraxwand eröffnet wird.

In allen Fällen von offenem Pneumothorax muss die Communication zwischen der atmosphärischen Luft und der Pleurahöhle für beide Respirationsphasen eine durchaus unbehinderte sein. Die jedesmal ein und ausströmende Luftmenge ist nicht immer eine gleiche. Sie ist abhängig von der Tiefe der Athmung und von der Weite der Fistel. Der mittlere Druck in der Pleurahöhle ist gleich dem atmosphärischen, seine Schwankungen bei der In- und Exspiration fallen sehr gering aus.

Wenn die Fistel eine Zeit lang bestanden hat, so kann dieselbe durch Vernarbung sich schliessen. Die Perforationsöffnung ist dann verwachsen, die Luft kann weder bei der Inspiration noch bei der Exspiration durchstreichen, jede Communication der Pleurahöhle mit der atmosphärischen Luft ist aufgehoben. Der offene Pneumothorax ist zum geschlossenen Pneumothorax und zwar zum organisch geschlossenen geworden.

Die Menge der in der Pleurahöhle eingeschlossenen Luft kann verschieden sein; sie ist zunächst so gross, wie sie im letzten Momente vor dem endgültigen Verschlusse war. Später kann durch theilweise Resorption der Luft die Menge sehr erheblich geringer werden und schliesslich bekanntlich ganz verschwinden. Auf diese Weise vollzieht sich die Ausheilung des Pneumothorax.

Es kann sich auch ein rein mechanischer Verschluss ausbilden, welcher der Luft bei jedem Inspirium den Eintritt gestattet, bei jedem Exspirium dagegen den Austritt verhindert. Die intrapleurale Luftmenge wächst stetig, indem mit jedem Athemzuge neue Luft hinzukommt. Nach einer gewissen, kürzeren oder längeren, Zeit ist die Pleurahöhle voll, es tritt auch im Inspirium keine Luft mehr herein, der Pneumothorax ist mechanisch geschlossen. Diese letztere Art nennen wir Ventilpneumothorax.

Also: die Unterart des geschlossenen Pneumothorax, bei welcher der Verschluss nicht organisch, sondern rein mechanisch erfolgt, nennen wir Ventilpneumothorax; „geschlossen" heisst er, weil die Luft weder ein noch austreten kann, „mechanisch", weil der Verschluss kein dauernder organischer, sondern ein rein mechanischer ist, „Ventilpneumothorax", weil die Entstehung und das Fortbestehen dieser Pneumothoraxart durch ventilartige Verschlüsse bedingt ist.

Die Entstehung des Ventilpneumothorax im Organismus ist leicht zu verstehen, wenn man den Einfluss des Exspirationsdruckes im Auge behält. Bekanntlich wird die Lunge während des Inspiriums ausgedehnt; jeder Riss in der Lunge wird in Folge dieser Dehnung erweitert, die Ränder weichen auseinander. Anders ist es bei der Exspiration. Hier wird die Lunge kleiner, die Ränder eines Risses werden dabei einander genähert, ein Spalt wird stärker zusammengepresst und undurchgängig gemacht. Dadurch wird die Luft bei jeder Inspiration eingepumpt, bei jeder Exspiration zurückgehalten. Endlich wird der Druck in der Pleurahöhle so hoch steigen, dass auch im Inspirium keine

Luft mehr in die Pleurahöhle eindringt. Ist dieser Zustand erreicht, so hat sich der mechanisch geschlossene oder der Ventilpneumothorax ausgebildet. Der Verschluss ist ein rein mechanischer, er wird durch den Gasdruck gebildet. Wird nach einer Zeit der Gasdruck herabgesetzt, sei es durch theilweise Resorption oder durch operativen Eingriff, so ist das Moment, welches den mechanischen Verschluss bedingt hat, aufgehoben, und das Ventil beginnt von Neuem zu spielen. Der maximale Gasdruck wird aber bald wieder erreicht, und der Luftstrom hört auf.

Es ist zu merken, dass unter maximalem Druck bei Ventilpneumothorax zu verstehen ist Atmosphärendruck bei der tiefsten Inspirationsstellung des Thorax.

Es enthält somit die Pleurahöhle eine ihrem Volumen entsprechende Luftmenge. Diese Luftmenge ist bei einem und demselben Individuum doch keineswegs eine für immer constante Grösse; sie ist in hohem Grade abhängig von der Grösse der Athembewegungen. Wenn die Luftmenge des Ventilpneumothorax bei mittelgrossen Athembewegungen in der Pleurahöhle eine gewisse Spannung verursacht hat, bei welcher auch im Inspirium keine neue Luft hinzutritt, so erweist sich diese Spannung bei tieferen Athembewegungen nicht mehr ausreichend. Bei vergrösserter Tiefe der Athmung tritt neue Luft hinzu so lange, bis auch jetzt die Spannung der Luft in der Pleurahöhle ihr Maximum erreicht. Ist letzteres der Fall, so wird der Pneumothorax wieder mechanisch geschlossen; der neue Ventilpneumothorax enthält eine grössere Luftmenge als der frühere. Für verschiedene Intensitäten der Respiration ist also das durch einen Ventilmechanismus

in die Pleurahöhle eingesaugte Luftquantum ein verschieden grosses. Der Raum für diese neue Luftmenge muss durch Verdrängung der benachbarten Organe (Lunge, Herz, Zwerchfell, Leber, Milz) geschafft werden.

Die Luftmenge des Ventilpneumothorax ist nur für eine bestimmte Athemtiefe constant. Mit anderen Worten: die Luftmenge des Ventilpneumothorax bildet nur für einen bestimmten Zustand des Individuums eine constante Grösse; sie wechselt mit diesem, für gewöhnlich aber nur im positiven Sinne, d. h. sie nimmt zu, wenn die Athmung tiefer wird: erfolgt diese wieder flacher, dann wird eine Abnahme der Luftmenge nicht möglich sein, weil der Ventilverschluss jedes Entweichen der Luft verhindert.

Auch die Perforationsöffnung eines Ventilpneumothorax kann verwachsen. Es wird jetzt bei der Abnahme des intrapleuralen Luftdruckes keine neue Luft einstreichen, es ist kein Ventilpneumothorax mehr vorhanden, sondern es liegt ein organisch geschlossener Pneumothorax vor. Die intrapleurale Luft ist von der äusseren atmosphärischen vollständig abgeschlossen, es besteht keine Communication zwischen beiden.

Es ist leicht verständlich, dass die bei solch einem organisch geschlossenen Pneumothorax in der Pleurahöhle enthaltene Luftmenge keine constante Grösse darstellt, sondern dass sie je nach der Luftmenge des Ventilpneumothorax, aus dem der organisch geschlossene entstanden ist, wechselt.

Die Eintheilung der verschiedenen Pneumothoraxarten in den offenen und geschlossenen mit 2 Unterarten des letzteren, organisch und mechanisch geschlossenen, genügt vollständig, um allen

möglichen Verhältnissen, die ein Pneumothorax darbieten kann, gerecht zu werden.

Wir haben diese einzelnen Pneumothoraxarten deswegen hier so ausführlich besprochen, weil bis jetzt selbst von den besten klinischen Lehrbüchern noch keine klare und präcise Darstellung der einzelnen Arten gegeben worden ist. Diese Unklarheit findet wohl ihre Erklärung darin, dass auch Weil, der als Urheber der strengen Unterscheidung der verschiedenen Pneumothoraxarten gilt und an dessen Schilderungen sich die meisten Verfasser der medicinischen Lehrbücher halten, an einzelnen Stellen seiner Arbeit die nöthige Präcision vermissen lässt. Seine Eintheilung des Ventilpneumothorax in den „mechanisch geschlossenen Ventilpneumothorax" und den „organisch geschlossenen Ventilpneumothorax", scheint uns nicht nur „vielleicht etwas pedantisch", wie Weil selbst darüber sagt, sondern vielleicht auch wenig haltbar.

Ebenso hat der Umstand, dass Weil in seinen Versuchen über den geschlossenen Pneumothorax immer die Fistel exspiratorisch geschlossen hat, zu falschen Vorstellungen über die Druckverhältnisse Veranlassung gegeben. Weil giebt bei seinen Versuchen den Mitteldruck beim geschlossenen Pneumothorax als einen negativen an. Das ist aber nur für den speciellen Fall richtig, wo wir einen exspiratorisch geschlossenen Pneumothorax erzeugen, d. h. einen Pneumothorax, der aus dem offenen durch Schluss der Luftzufuhr auf der Höhe der Exspiration gebildet wird. Diese Art des geschlossenen Pneumothorax umfasst aber keineswegs alle Arten des geshlossenen Pneumothorax. Wird der Pneumothorax bei einer grösseren Luftmenge geschlossen, z. B. nach-

dem schon zuvor der Ventilpneumothorax bestanden hat, so haben wir es mit ganz anderen Druckverhältnissen zu thun. Hier kann der Druck in beiden Phasen der Respiration positiv sein. Erst nachdem nach einiger Zeit eine gewisse Luftmenge resorbirt worden ist, wird der Druck vermindert und er kann schliesslich ebenso negativ werden, wie in der normalen Pleurahöhle.

Die richtige Unterscheidung der einzelnen Pneumothoraxarten hat nicht nur ein theoretisches Interesse. Es ist von hohem praktischem Werth, dass der Arzt sich über den Zustand der Fistelöffnung klar ist, um über den Werth eines operativen Eingreifens urtheilen zu können. Unverricht machte schon im Jahre 1879 auf die Bedeutung der richtigen Diagnose des Fistelzustandes für die operative Behandlung des Pneumothorax aufmerksam. Es sei uns gestattet mit seinen eigenen Worten zu sprechen: „Es ist diese Frage nicht von rein theoretischem Interesse, sie ist nicht blos aufgestellt in der Absicht unsere moderne physikalische Diagnostik durch Aufhellung der feinsten Detailverhältnisse in besonderem Glanze erstrahlen zu lassen, sondern sie ist oft von weittragender praktischer Wichtigkeit, insofern ihre Beantwortung in vielen Fällen direkt die ärztliche Encheirese nach dieser oder jener Richtung bestimmend beeinflusst“ [1]). Am besten wird das illustrirt durch das Verhalten des Ventilpneumothorax gegenüber der Aspiration. Die 3 Arten des Pneumothorax werden hier grosse Verschiedenheiten zeigen. Es ist klar, dass beim Ventilpneumothorax, sobald eine gewisse Luftmenge ausgesaugt wird, von

1) l. c. pag. 1.

Neuem Luft in die Pleurahöhle durch die Ventilfistel einströmt, bis der Druck wieder sein Maximum erreicht hat. Der ganze Zweck der Aspiration ist dadurch vereitelt. Es ist merkwürdig, dass in dem sonst so schönen Lehrbuche von Strümpell [1]) die Wichtigkeit der Entscheidung dieser Frage keine Würdigung gefunden hat. Strümpell sagt nämlich, dass die klinische Diagnose der einzelnen Pneumothoraxarten keinen grossen Werth hat. Weiter bei der Besprechung der Therapie empfiehlt er die Luftaspiration, „wenn ein einfacher Pneumothorax ohne flüssiges Exsudat" besteht. Wir haben schon gezeigt, dass beim Ventilpneumothorax die Aspiration keinen Nutzen bringen wird. Es ist bemerkenswerth, dass auch die neueste Auflage des Lehrbuches (1890) so wenig Aufklärung über diese Frage bringt, während schon 1879 die Verhältnisse von Unverricht sehr präcise und klar auseinander gesetzt worden sind.

Um den Werth der strengen Unterscheidung der genannten Pneumothoraxarten von rein praktischem Standpunkte hervorzuheben, erlauben wir uns die Auseinandersetzungen Unverricht's in toto anzuführen, um so mehr als der Leser dabei auch auf die Unterscheidung der Begriffe „Retractions- und Verdrängungserscheinungen" aufmerksam gemacht wird.

1. „Fälle von Pneumothorax mit ganz freier Communication zwischen Lunge und Pleurahöhle. Hier befindet sich die Lunge in ihrem elastischen Gleichgewicht, da auch von der pleuralen Seite her der Luftdruck gleich dem atmosphärischen ist. Es fehlen demgemäss fast alle Verdrängungs-

1) Lehrbuch der speciellen Pathologie und Therapie. 1890.

erscheinungen, oder mindestens ist für die Erscheinungen einer geringen Dislocation der Nachbarorgane der Ausdruck Verdrängungserscheinungen im höchsten Grade unsachgemäss, da diese Dislocation nicht auf Verdrängung, sondern auf Retraction durch elastischen Zug der anderen Lunge und des Zwerchfells beruht und dementsprechend mehr die Bezeichnung „Retractionserscheinungen“ angebracht wäre. Fast nie drängt hier die Indicatio symptomatica oder vitalis zum operativen Eingreifen.

2. Fälle mit geschlossener Fistel, welche mehr oder weniger hochgradige Verdrängungserscheinungen darbieten, je nachdem die Exsudation bedeutend ist oder nicht. Fordern Beschwerden von Seiten des Respirations- und Circulationsapparates zum chirurgischen Handeln auf, so wird man meist mit einer Punction zum Ziele kommen, da ja in demselben Maasse, als man Luft oder Flüssigkeit aus der Pleurahöhle auspumpt, der intrapleurale Druck vermindert und so die Ursache der Verdrängungserscheinungen beseitigt wird.

3. Fälle mit Ventilfisteln, die ebenfalls so hochgradige Spannungssymptome aufweisen können, dass sie Gegenstand der operativen Behandlung werden müssen. Dies sind die Fälle, bei denen es in die Augen springt, wie wichtig es ist, über das Bestehen der Fistel sicheren Aufschluss zu haben, da die Beantwortung dieser Frage das ärztliche Handeln sehr stark beeinflusst. Macht man in solchen Fällen die Punktion, so wird die ausgepumpte Luft sich sehr bald durch Aspiration von der noch offenen Lungenöffnung aus ersetzen und das Resultat der Operation vereiteln. Es kann allerdings die Ansammlung von Luft erst ziemlich spät

eintreten, wenn Patient nach der Punktion lange Zeit nur flache Respirationsbewegungen macht, so dass es nicht zu einer lebhaften Ansaugung kommt. Auch künstlich kann man dafür einiges thun, wenn man dem Patienten während oder bald nach der Operation eine Morphiuminjection macht, welche den Hustenreiz mildert und so energische Hustenanstrengungen verhindert, nach denen gewöhnlich die intensivsten Inspirationsbewegungen eintreten. Ist dies aber nicht der Fall, so dauert es nicht lange, bis die Brusthöhle wieder in der alten Weise mit Luft erfüllt ist, und die Punktion ist in diesem Falle eine reine Danaidenarbeit, ein Umstand, der auch von den neuesten Autoren nicht in genügender Weise gewürdigt ist[1]).

Methode der Untersuchung.

Unsere Athmungscurven sind entweder an narcotisirten, oder an narcotisirten und tracheotomirten Thieren aufgenommen, oder aber an Thieren, die wir weder narcotisirt noch tracheotomirt hatten. Wir waren hierbei vom Gedanken geleitet, dass, wenn die bei allen drei Versuchsbedingungen erhaltenen Resultate gleich ausfallen sollten, letztere eine viel grössere Wahrscheinlichkeit haben würden.

Bei narcotisirten Hunden sind die Versuche relativ leicht auszuführen. Bei nicht narcotisirten ergeben sich manche Schwierigkeiten, weil Hunde von unruhigem

1) l. c. pag. 16.

Temperament durch ihre Bewegung die Aufnahme exacter Curven vereiteln. Aus diesem Grunde sind von den vielen gemachten Versuchen nur wenige gelungen. Meist waren die Hunde entweder von vorn herein sehr unruhig und athmeten ganz unregelmässig, oder sie wurden es bald im weiterem Verlaufe des Versuches. Aber diejenige Versuche an nicht narcotisirten Hunden, deren Protocolle wir in der vorliegenden Arbeit ausgenutzt haben, sind als sehr gelungen anzusehen, indem die Curven sehr regelmässig ausfielen.

Die Aufnahme von Athemcurven an nicht narcotisirten Hunden ist als eine relativ schwierige Aufgabe zu betrachten. Weil konnte überhaupt nicht ohne Narcose arbeiten, er sagt: „die Narcose der Thiere erwies sich als unentbehrlich, ohne dieselbe war es überhaupt unmöglich die Athmung zu registriren[1])." Uns ist es jedoch gelungen, wenn auch mit grossem Aufwande von Zeit und Mühe. Die dabei gewonnenen Resultate weichen keineswegs von denen in der Narcose erhaltenen ab.

Was letztere anlangt, so hatten wir keinen Grund von der auch von Weil benutzten Morphiumnarkose abzugehen. In der That erweist sich Morphium sehr zweckmässig. Es reagiren die Thiere meist schon auf die subcutane Injection von Morphium so gut, dass die intravenöse Einführung des Mittels oft vermieden werden konnte. In einzelnen Fällen haben wir uns auch der letzteren bedient. Im Allgemeinen reagirt das Thier auf Morphium sehr schnell; eine halbe Stunde nach subcutaner und einige Minuten nach intravenöser In-

1) l. c. pag. 23.

jection liegt das Thier ganz unbeweglich, so dass man die normale Athmungscurve registriren, die Tracheotomie, die Pneumothoraxoperation und eine ganze Reihe von Athmungsuntersuchungen anstellen kann, ohne dass der Hund wach wird.

Wenn das Morphium das Athmungscentrum auch nicht ganz unbeeinflusst lässt, so ist die Art der Beeinflussung eine derartige, dass unsere Versuche dabei nicht leiden. „Das im verlängerten Mark gelegene Athmungscentrum erfährt durch Morphium in seiner Thätigkeit in sofern eine Hemmung, dass die Athemzüge nach Frequenz und Intensität abnehmen[1])." Da es uns weniger auf die absoluten Zahlen, als vielmehr auf die Zahlenunterschiede beim Vergleich der Normalathmung mit der bei verschiedenen Pneumothoraxarten und auf die Beziehungen letzterer zu einander ankam, so hat diese absolute Verminderung der Frequenz und der Tiefe der Normalathmung in der Narcose für uns keine Bedeutung. Wir vergleichen eben diese Normalathmung in der Narcose mit der Pneumothoraxathmung in derselben Narcose. Als Hauptsache erscheint uns die Regelmässigkeit der Athmung und diese lässt bei Morphiumnarcose wenig zu wünschen übrig.

Wir möchten noch unsere Beobachtung über die Dosirung des Morphiums an dieser Stelle erwähnen. Die Dosirung ist nicht ganz leicht. Die individuellen Schwankungen sind hier so gross, dass während einzelne Hunde auf 0,2 Morphium subcutan ganz gut reagirten, bedurften andere einer 3fachen Menge, um

1) Fröhner. Lehrbuch der thierärtzlichen Arzneimittellehre. 1889, pag. 100.

eine ordentliche Narcose zu zeigen. Das Körpergewicht spielte dabei keine wesentliche Rolle. In einem Falle wurde im Verlaufe von anderthalb Stunden bei einem kleinen Hunde von 5800 Grm. Körpergewicht 1,0 Morphium subcutan injicirt, ohne einen guten Schlaf erzeugt zu haben.

In den 2 Fällen, wo die Athmungscurven zuerst vor der Tracheotomie, d. h. nur in der Narcose, und wo sie darauf nach der Tracheotomie aufgenommen wurden, erwies sich letztere nicht ohne Einfluss. Sie verursachte eine Abnahme der Frequenz und eine Zunahme der Tiefe der Athmung. So zeigt im Versuche Nr. 5 ein narcotisirter Hund eine Athmungsfrequenz von 9 in der Minute, eine Tiefe von 7,2 Mm. Im Versuche Nr. 6, der nach der Tracheotomie angestellt war, sinkt die Frequenz auf 6, die Tiefe steigt dagegen bis 12,9 Mm. Dasselbe Resultat liefert der Vergleich des Versuchs Nr. 24 vor der Tracheotomie mit dem Versuche Nr. 25 nach derselben. Ersterer zeigt eine Frequenz von 27,7 in der Minute, eine Tiefe 5 Mm. Im 2ten sinkt die Frequenz auf 18,7 und die Tiefe steigt bis 7 Mm. Auf diese Verhältnisse möchten wir besonders aufmerksam machen. Es ist noch nicht lange her, dass Gad[1]) bei seinen Versuchen an chloralisirten Kaninchen beobachtet hat, dass die Athemcurve „beim Uebergang von Nasen- zur Trachealathmung oder umgekehrt oft wenig oder gar nicht beeinflusst wird". Wie gesagt bekamen wir bei morphinisirten Hunden andere Resultate.

1) Die Regulirung der normalen Athmung. Arch. f. Anatom. und Physiol. Physiol. Abtheil. 1890, pag. 7.

Die Pneumothoraxoperation wird in folgender Weise ausgeführt. Es wird dazu der 5 oder 6 Intercostalraum der rechten Seite gewählt, damit das Herz nicht irgend wie beschädigt wird. Nach dem Abtragen der Haare wird zuerst die Haut und darauf werden die oberflächlichen Muskelschichten in möglichst geringer Ausdehnung durchschnitten und eine Canüle in die Pleurahöhle eingestossen. Bei einer engen Canüle gelingt es ohne weiteres, bei einer breiten muss man zuerst die tieferen Muskelschichten bis auf die Pleura durchschneiden. Die Canülen verjüngen sich konisch gegen die Pleurahöhle hin und besitzen an ihrem äusseren Ende eine Einschnürung, welche zur Fixation der Fäden dient, die an dem Felle des Thieres angebunden werden und so die Canülen am Herausgleiten verhindern. Die Canülen tragen einen verschliessbaren Hahn und werden verschlossen eingeführt. Durch Oeffnen des Hahnes und unmittelbar darauf folgende Injection einer bestimmten Luftmenge aus einer graduirten Spritze erzeugen wir einen geschlossenen Pneumothorax mit einem abgemessenem Luftquantum. Man kann auf diese Weise eine grössere Menge auf einmal, oder in verschiedene Portionen getheilt, injiciren. Oeffnet man den Hahn und lässt man die Luft ein- und ausstreichen, so entsteht ein offener Pneumothorax. Schliesst man jetzt den Hahn auf der Höhe der Exspiration, so haben wir einen expiratorisch geschlossenen Pneumothorax.

Es interessirte uns das Verhalten des offenen Pneumothorax bei verschiedener Fistelbreite zu studiren. Wir benutzten dazu Glascanülen von verschiedenem Durchmesser, welche nach Bedarf abwechselnd in die

Pleurafistel eingelegt wurden. Somit konnten wir die Veränderung der Athmung beim Uebergange des offenen Pneumothorax mit enger Fistel in den offenen Pneumothorax mit breiter Fistel beobachten. Ein umgekehrter Fall, d. h. der Uebergang von einer breiten Fistel zur engen wurde auf diese Weise nicht erzeugt. Es ist ja klar, dass, nachdem eine weitere Canüle in der Pleurawunde gelegen hat, eine engere den Rändern nicht luftdicht anliegt und leicht Luft vorbeistreichen lässt. Wir benutzten zu diesem Zwecke folgende Einrichtung. Es wurde von vorne herein in die Pleurahöhle eine breite Canüle eingeführt, von welcher ein Gummischlauch abging. Dieser befand sich zwischen 2 Platten einer Klemme, welche durch eine Schraubenvorrichtung beliebig weit geöffnet werden konnte. Mit Hilfe dieser Klemme konnten wir immer den nöthigen Grad der Weite des Schlauches und damit der Fistel herstellen, da es nicht auf die Weite des ganzen Luftweges, sondern nur auf die Weite der engsten Stelle ankommt, die die Luft zu passiren hat. Es ist ganz gleichgültig, ob diese enge Stelle in der Fistel selbst, oder in der Canüle, oder schliesslich in dem von der Canüle abgehenden Schlauche sich befindet. Diese Einrichtung erlaubt uns nicht nur von einer engen Fistel zu einer breiten überzugehen, sondern sie gestattet auch abwechselnd, mehrmals nach einander, die Weite der Fistel nach Belieben zu ändern, was für unsere Zwecke besonders wünschenswerth erschien.

Um einen Ventilpneumothorax zu erzeugen, benutzten wir folgende einfache Vorrichtung, nach Art der Müller'schen Ventile. An das eine Ende einer Pleuracanüle, die mit einem Hahn versehen ist, bringen

wir einen Gummischlauch, welcher die Communication der Pleurahöhle mit einer Flasche herstellt. Letztere ist theilweise mit Quecksilber gefüllt, in welches eine von 2 Glasröhren möglichst oberflächlich einmündet. Die zweite ist mit dem Gummischlauch verbunden. Die beiden Röhren durchbohren den die Flasche schliessenden Pfropfen. Wenn nun das Thier inspirirt, so strömt in Folge der in der Flasche erzeugten Luftverdünnung die Luft aus der Flasche durch das Quecksilber durch in den Gummischlauch und durch diesen in die Pleurahöhle. Bei der Exspiration wird das Entweichen der Luft unmöglich gemacht, weil dabei das Quecksilber in der Röhre in die Höhe steigt und den Weg abschliesst. Das Ventil erlaubt somit den Lufteintritt und verhindert den Austritt. Lässt man diese Vorrichtung wirken, so bekommt man einen Pneumothorax, bei welchem die Luftmenge in der Pleurahöhle mit jedem Athemzuge zunimmt. Wächst nun die Luftmenge um so viel, dass in der Pleurahöhle der höchste Grad der Füllung erreicht ist und das Ventil nicht mehr arbeitet, so erhalten wir den echten Ventilpneumothorax.

Leider konnten wir bei unseren Versuchen es nie so weit bringen. Ebenso wenig wie es Weil nicht gelang bei seinen Versuchen an Hunden den höchsten Grad der intrapleuralen Luftmenge zu erreichen, so gelang es auch uns nicht. Weil behauptet, dass die Thiere bald so hochgradig dyspnoisch wurden, dass ihm ein weiteres Zulassen von Luft unstatthaft erschien. Unsere Beobachtungen bestätigen ganz die von Weil gemachten Erfahrungen. Bei allen Versuchen, wo sich die Pleurahöhle zu sehr mit Luft gefüllt hatte, wurde die Athmung sehr flach, und oft schienen die Thiere zu ersticken,

so dass ein weiteres Experimentiren aufgegeben werden musste. In Folge dessen waren wir gezwungen, uns nur auf den Ventilpneumothorax in statu nascenti zu beschränken, und zwar bei verschieden langer Anwendung des Ventils.

Wie lange es dauert, bis die Pleurahöhle sich mit Luft vollständig füllt, das hängt ebenso von der Grösse der Höhle und der Weite der Canüle, wie auch von der Tiefe der Athmung ab. Im Allgemeinen dauert es recht lange. Zur näheren Bestimmung der Zeit wurden speciell 2 Versuche angestellt, wobei einmal eine enge (2 Mm.), das andere Mal eine doppelt so weite Canüle benutzt wurden. Bei Anwendung der engen Canüle (Protocoll Nr. XV) dauerte unsere Beobachtung einige Stunden, und das Ventil hörte nicht auf zu arbeiten. Nach 3 Stunden aber fiel uns auf, dass bei der Exspiration Luft neben der Canüle aus dem Thorax hinauszustreichen anfing.

Bei Anwendung der weiteren Canüle (Protocoll Nr. XVI) stellte sich derselbe Uebelstand ein: die Luft begann neben der Canüle hinauszuströmen, als ein zu hoher Grad der Füllung erreicht war und die Athmungsexcursionen flacher wurden.

Somit stellen unsere Curven, die beim Ventilpneumothorax aufgenommen waren, nichts Anderes als Athmungscurven des Ventilpneumothorax in statu nascenti bei verschieden grossen pneumothoracischen Luftmengen dar.

Wollten wir den Ventilpneumothorax abwechselnd in einen geschlossenen oder offenen Pneumothorax überführen, so wurde in das Gummirohr eine T-Canüle eingeschaltet, von welcher ein Schenkel abgeklemmt, der

andere mit dem Ventile verbunden wurde. Sobald nun die Klemme des einen Schenkels gelüftet wird, stellt sich sogleich eine Communication zwischen der intrapleuralen Luft mit der atmosphärischen her; die Ventilvorrichtung wird damit ausgeschaltet und ein offener Pneumothorax erzeugt. Legt man die Klemme wieder an, so kann die Luft nur durch das Quecksilberventil in die Pleurahöhle eindringen, und es besteht jetzt ein Ventilpneumothorax. Um den geschlossenen Pneumothorax zu erzeugen, bleibt nur übrig, den Hahn der Pleuracanüle zu schliessen. Auf diese einfache und sehr handliche Weise ist der abwechselnde Uebergang aller 3 Pneumothoraxarten in einander sehr leicht ausführbar.

Der Apparat, den wir zum Aufzeichnen der Thoraxbewegungen benutzt haben, ist nach Angaben des Herrn Prof. Unverricht construirt und wird am besten durch die Figur an der Tafel I erläutert.

Die Thoraxbewegungen werden auf 2 dünne Messinghebel a a übertragen. Durch das untere Ende eines jeden Hebels geht ein Stahlstab, der mit der Platte b endet. Letztere ist mit dem Stab durch ein leicht bewegliches Nussgelenk verbunden, so dass sie bequem jeder Thoraxstelle angelegt werden kann. Diese Platten berühren beiderseits die Punkte der höchsten Wölbung an der seitlichen Thoraxwand des Thieres. Die Stäbe können nach Belieben, je nach dem Umfange des Thorax des Thieres vorgeschoben und in ihrer Stellung durch Schrauben befestigt werden. Dabei werden die Thoraxexcursionen bei der Athmung auf die Platten b b übertragen und die Hebel bewegt. Letztere bewegen sich um eine Axe, durch welche ein zweiter Stab c durchgeht. Dieser Stab c wird an einem Stativ befestigt,

und der ganze Apparat lässt sich an ihm nach Belieben heben und senken und in jeder Höhe durch eine Schraube fixiren. Durch diese Einrichtung erzielen wir, dass die Athembewegungen des Thieres durch das Gewicht des Apparates in keiner Weise belästigt wird. Nur die Platten der Nussgelenke berühren 2 Punkte der Thoraxwand, sonst existirt kein Contact zwischen dem Apparat und dem Leibe des Thieres. Die oberen Enden der Hebel tragen Stäbchen, welche in beliebiger Länge durch Schrauben fixirt werden können. Der eine Stab endet mit einer kleinen flachen Luftkapsel d, die mit einer dünnen Kautschukmembran überspannt ist; der zweite Stab lässt durch eine Oeffnung einen rechtwinklig gestellten kleineren mit einem Knopf k endenden Stab durch, der die Gummimembran berührt. Eine Schraube befestigt ihn in der gewünschten Stellung. Dieser Stab wird beim Experiment so eingestellt, dass der Knopf k die Mitte der Kautschukmembran berührt. Die Athembewegungen werden auf diese Weise auf die Luftkapsel übertragen und von dieser mit Hilfe eines Gummischlauches dem schreibenden Tambour zugeleitet. Der an diesem befestigte Schreibehebel verzeichnet die Athmungscurven am rotirenden Cylinder des Kymographions.

Was die Lage des Thieres anbetrifft, so haben wir die Bauchlage gewählt. Schon dadurch allein, dass sie die natürliche Lage des Hundes darstellt, erschien sie uns am zweckmässigsten. Ein in Rückenlage aufgebundener Hund wird schon durch diese unnatürliche und unbequeme Lage etwas unruhig und liefert desshalb keine regelmässige Athmungscurve. Da Weil nur die Rückenlage benutzt hat, so ist es

möglich, dass er aus diesem Grunde überhaupt nicht ohne Narcose arbeiten konnte.

Die Secunden wurden mit Hilfe einer Uhr auf die Trommel verzeichnet, die Tiefe massen wir an der Grösse der Athemcurven mit Hilfe von Cirkel und Millimetermaass.

An unserem Maasse waren auch halbe und viertel Theile des Millimeters notirt.

Wenn die erhaltene Curve nicht ganz regelmässig ausfiel, d. h. die einzelnen Zacken nicht einander ganz gleich waren, so haben wir alle Zacken einzeln ausgemessen und die Durchschnittszahl notirt. Diese Verhältnissmässig mühevolle Arbeit wurde durch die Genauigkeit der Resultate belohnt. Wir müssen hier allerdings betonen, dass unserer Messung der Athemtiefe ein kleiner Fehler anhaftet, in Folge der verschiedenen Spannungsverhältnisse der Membran des zeichnenden Tambours bei verschieden grossen Excursionen.

Offener Pneumothorax.

Wir haben schon die Art und Weise, wie wir den offenen Pneumothorax künstlich an Thieren erzeugen, bei der Besprechung der Untersuchungsmethode ausführlich beschrieben. Wir wenden uns nunmehr direkt zu den Ergebnissen unserer Experimente.

Frequenz und Tiefe der respiratorischen Excursionen — das sind die 2 Factoren, die bei unseren Untersuchungen in Betracht kommen.

Wenn wir einem unversehrten Thiere eine Fistel in der rechten Thoraxwand anlegen und sie durch Einführen einer Canüle offen erhalten, so merken wir eine bedeutende Veränderung der Athmung in Bezug auf beide Factoren.

In dem Versuche Nr. 1 beträgt die Athmungsfrequenz des normalen Thieres 26 in der Minute, die durchschnittliche Tiefe 17 Mm.; nach Erzeugen eines offenen Pneumothorax (Vers. Nr. 2) steigt die Frequenz auf 39,3 (+ 51,1%), die Tiefe auf 35 Mm. (+ 105%). Versuch Nr. 7 zeigt beim Normalthier eine Frequenz von 14 in der Minute, eine Tiefe von 10 Mm.; beim offenen Pneumothorax (Vers. Nr. 8) steigt die Frequenz auf 28,7 (+ 105%), die Tiefe auf 45 Mm. (+ 350%). Aus diesen Versuchen können wir zunächst folgenden Schluss ziehen:

Bei Erzeugung eines offenen Pneumothorax tritt eine Veränderung der normalen Athmung ein, die an den Thoraxexcursionen abgelesen, in einer Zunahme der Frequenz und Tiefe sich kund giebt. Diese Zunahme ist recht bedeutend in Bezug auf beide Factoren, besonders aber in Bezug auf die Tiefe.

Es fällt beim Vergleich der beiden Fälle auf, dass die Zunahme beider Factoren im zweiten Falle erheblich viel stärker ausfällt, wie im ersten. Offenbar liegt die Ursache in nichts Anderem als in der verschiedenen Weite der benutzten Pleuracanülen. Im ersteren Falle besass nämlich die Canüle eine Lichtung von 3 Mm., im zweiten eine Lichtung von 6 Mm. Es ruft somit jede offene Pleurafistel eine Zunahme der Tiefe

und Frequenz hervor, die Weite der Fistel ist nur für den Grad dieser Zunahme massgebend.

Ist dieser Schluss richtig, so muss er sich beim Versuch an einem und demselben Hunde mit verschiedener Fistelweite bestätigen lassen. Um dieses zu prüfen, benutzten wir bei einem und demselben Hunde nach einander verschieden weite Canülen. Versuch Nr. 4 zeigt bei einem narcotisirten und tracheotomirten Hunde eine Frequenz von 6, eine Tiefe von 12,9 Mm. Der offene Pneumothorax mit enger Fistel von 2 Mm. (Vers. Nr. 5) zeigt eine Steigerung der Frequenz auf 14 (+ 133% gegen die Norm) und eine Steigerung der Tiefe auf 22 (+ 70% g. d. N.). Führt man an Stelle der engen die weite Canüle von 6 Mm. ein, so steigt die Frequenz auf 19 (+ 216% g. d. N.), die Tiefe auf 42 (+ 242,5% g. d. N.). Diese Versuche bestätigen also den oben gemachten Schluss.

Die Thatsache, dass der Grad der Zunahme der Tiefe im direktem Verhältnisse zu der Fistelgrösse steht, kann man in sehr hübscher Weise demonstriren, indem man abwechselnd die Fistelgrösse ändert. Wir erreichen das durch das abwechselnde Erweitern und Verengern eines von der Pleuracanüle abgehenden Gummischlauches. Protocoll Nr. III zeigt einen solchen Fall.

Im Versuch Nr. 8 beträgt die Athemtiefe beim offenen Pneumothorax mit breiter Fistel (6 Mm.) und freiem Schlauch 45 Mm. Wird der Schlauch stark verengt (Vers. Nr. 9), so fällt die Tiefe sogleich bis 22 Mm.; wir haben somit eine Abnahme der Tiefe um 51,1% gegen die Tiefe bei weiter Fistel. Lüftet man jetzt die Schraube, so dass der Schlauch fast seine ursprüngliche Weite erhält (Vers. Nr. 10), so steigt die Tiefe auf 40 Mm., d. h. um

81,9%. Bei einer abermaligen Verengung des Schlauches (Vers. Nr. 12) erhalten wir eine Tiefe von 25 Mm., bei einer darauf erfolgten Erweiterung (Vers. Nr. 13) eine Tiefe von 40 Mm., d. h. eine Zunahme um 60%. — Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse in diesem Falle in Bezug auf die Frequenz.

Die absolute Frequenz ist wohl in allen Versuchen grösser als die beim Normalthier, aber beim Uebergang von der engen Fistel zu der weiten erzeugt letztere nicht eine Zunahme der Frequenz, wie wir früher gefunden haben, sondern eine Abnahme. So zeigt uns Versuch Nr. 9 eine Frequenz von 30, während bei weiterer Fistel, wie es Versuch Nr. 10 darstellt, die Frequenz auf 21 sinkt (— 30%). Ebenso zeigt Versuch Nr. 12 eine Frequenz von 25,1; bei weiterer Fistel (Vers. Nr. 13) sinkt sie auf 20 (— 25%). Es liefern also die Versuche mit abwechselnd breiter und enger Fistel in Bezug auf die Frequenz keine direkte Proportionalität mit der Weite der Fistel, wie es in Bezug auf die Tiefe ausnahmslos der Fall war.

Es wäre wichtig zu wissen, worauf diese Differenzen zurückzuführen sind. Die nähere Betrachtung der Art und Weise, wie in diesem letzteren Falle experimentirt wurde, kann uns, wie wir glauben, eine Erklärung verschaffen.

Die früher beschriebenen Versuche waren so angestellt, dass zuerst eine enge Canüle eingeführt wurde und erst nach einer gewissen, wenn auch kurzen Zeit, die Curve aufgenommen. Darauf nahm man die enge Canüle heraus, führte an ihrer Stelle die weite ein und wieder nach einer gewissen Zeit nahm man die zweite Curve auf. Es verstrich also eine Zeit zwischen

der Athmung bei der engen und der bei der breiten Canüle; ebenso verstrich eine Zeit zwischen dem jedesmaligen Anfang der Athmung unter den neuen Verhältnissen und der Curvenaufnahme. In diesen Versuchen bekamen wir eine Vermehrung der Frequenz entsprechend der Erweiterung der Fistel.

Anders verfuhren wir in den Versuchen des Protocolls Nr. III. Hier erfolgten die Verengerungen und Erweiterungen der Fistel mit einem Schlag, wobei die allgemeine Curve continuirlich ohne Unterbrechung aufgenommen wurde. Hier nahm die Frequenz entsprechend der Abnahme der Fistelweite zu. Wir sind gesonnen anzunehmen, dass die Differenz in den Resultaten beider Fälle nur eine scheinbare ist. Wir erklären uns die verschiedene Frequenz nur dadurch, dass das Thier nicht immer im Stande ist sich mit einem Schlage den Fisteldifferenzen anzupassen. Was unmittelbar mit der grösseren Fistel zunehmen muss — ist die Tiefe der Athmung. Diese wird aber zunächst auch eine grössere Zeit in Anspruch nehmen, bis der Organismus sich den neuen Verhältnissen angepasst hat und auch eine grössere Frequenz erzeugt. Dem entsprechend wird auch eine continuirlich aufgenommene Curve bei rasch wechselnder Fistelgrösse zeigen, dass mit der Zunahme der Tiefe eine Abnahme der Frequenz erfolgt. Wir werden noch Gelegenheit haben auf diese Verhältnisse zurückzukommen.

Es sind noch einige Versuche mit dem offenen Pneumothorax bei wechselnder Fistelgrösse gemacht worden, bei denen aus äusseren Gründen nur auf das Verhalten der Athemtiefe geachtet werden konnte. Die Resultate dieser Versuche sind in den Protocollen

Nr. IV (an einem Kaninchen) und Nr. XVI niedergelegt und auch sie bestätigen die direkte Proportionalität zwischen der Athemtiefe und Fistelgrösse.

Alle diese Verhältnisse werden durch die Curven der Tafel I., die am Ende unserer Schrift abgedruckt ist, sehr deutlich illustrirt. — Es zeigt Curve I, 1. normale Athmung, 2. Athmung nach der Tracheotomie, 3. bei offenem Poeumothorax mit enger Fistel, 4. bei offenem Pneumothorax, nachdem die enge Canüle herausgenommen und eine weitere eingeführt worden ist.

Nr. II. zeigt die Athmungscurven bei wechselnder Fistelgrösse, welche durch das abwechselnde Verengern und Erweitern des Schlauches erzielt wird. 1. stellt die normale Athmung dar; 2. ab. Athmung bei weiter, bc. bei enger Fistel, cd. bei einer Fistel, die weiter war als bei bc, aber enger als bei ab; 3. cf. die Athmung bei relativ weiter, f. bei noch mehr weiter Fistel.

Nr. III. Zeigt die Athmungstiefe eines Kaninchens bei allmäligem Erweitern und Verengern des Schlauches.

Was die Untersuchungen anderer Autoren über die Athemveränderung beim offenen Pneumothorax anbetrifft, so waren sie meist an Kaninchen angestellt. Nur Weil hat auch an Hunden Athmungscurven aufgenommen. Seine Resultate weichen nicht von den von uns gefundenen ab. Er giebt an, dass „der offene Pneumothorax durch enorm grosse respiratorische Excursionen der Brustwand ausgezeichnet ist und die Athemfrequenz gleichfalls erheblich gesteigert ist“ [1]). Bei seinen Untersuchungen an Kaninchen kam Weil zu demselben Resultat nur in Bezug auf die Athem-

1) l. c. pag. 33.

tiefe, während die Frequenz sich stark von der Weite der Pleurafistel abhängig erwies. „Beim offenen Pneumothorax mit breiter Fistel wird die Athmung verlangsamt; tritt an Stelle der weiten eine kleine Fistel, so wird die Athmung bald gesteigert, bald unverändert, bald herabgesetzt“ [1]). In den früher von Weil im Verein mit Thoma [2]) angestellten Versuchen an Kaninchen kamen diese Autoren zu anderen Resultaten. Es wurde hier nicht die graphische Methode benutzt, der sich Weil in seiner eigenen späteren Arbeit bedient hat, sondern es wurde die Frequenz gezählt und die Tiefe durch Berechnung gefunden. Es wurden nämlich vermittelst einer Gasuhr die während bestimmter Perioden durch die Trachea inspirirten Luftvolumina gemessen, daraus ein Minutenvolumen bestimmt und letzteres durch die mittlere Minutenfrequenz dividirt. Zahlreiche Untersuchungen mittelst dieser Methode ergaben eine Abnahme der Respirationsfrequenz bei Kaninchen für den Pneumothorax mit breiter Fistel. Was die Tiefe anbelangt, so können wir die Angaben dieser Autoren gar nicht mit unseren Resultaten vergleichen, da die Tiefe von ihnen nicht an den Thoraxexcursionen, sondern an der von der Lunge respirirten Luftmenge beurtheilt wurde. Es fallen die tiefen Athemzüge der Lunge mit den tiefen Thoraxbewegungen nicht immer zusammen; am wenigsten ist es der Fall beim offenen Pneumothorax, wo die Lungen collabiren und nur geringe Excursionen ausführen können, während die Thoraxexcursionen gross ausfallen.

1) l. c. pag. 15.
2) l. c.

In der That zeigten Weil-Thoma [1]), Leichtenstern [2]) und Guttmann [3]), dass das durch die Lunge respirirte Luftvolumen stark abnimmt, während wir, ebenso wie Weil, in allen unseren Versuchen gefunden haben, dass die Grösse der respiratorischen Excursionen der Brustwand erheblich zunimmt. Wir können somit die Resultate der Arbeit von Weil-Thoma nur in Bezug auf die Frequenz mit den unsrigen vergleichen.

In dieselbe Categorie gehören die oben erwähnten Arbeiten Guttmann's und Leichtenstern's, die bei der Schätzung der Athemtiefe die durch die Lunge ausgeathmete Luftmenge als Maass gebraucht haben. In Bezug auf die Tiefe, die an den Thoraxexcursionen beobachtet wurde, können wir ausser Weil's noch auch Breuer's [4]) Arbeit benutzen.

In der von Weil-Thoma publicirten Arbeit finden wir einen einzigen Versuch, der bei enger Fistel gemacht worden ist [5]). Es war eine stecknadelkopfgrosse Fistel, bei welcher die Frequenz eine Zunahme von 41% gegen die Norm erfahren hatte. Leichtenstern untersuchte an 2 Kaninchen die Athmung beim offenen Pneumothorax mit weiter Fistel. Die Weite letzterer glich der Weite der Trachealcanüle. Bei seinem ersten Versuche an einem schwachen Kaninchen nahm die

1) l. c.

2) Versuche über das Volumen der unter verschiedenen Umständen ausgeathmeten Luft. Zeitschr. f. Biologie. Bd. VII, 1871.

3) Ein Beitrag zur Physiologie und Pathologie der Respiration. Virchow's Archiv, Bd. 30, 1867.

4) Die Selbststeuerung der Athmung durch den Nervus vagus. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften. Wien. Bd. LVIII, II. Abth. 1868.

5) l. c. Tabelle VIII, Nr. 216, pag. 510.

Frequenz anfänglich zu, dann ab, im Mittel blieb sie unverändert; beim zweiten Versuche mit einem kräftigen Kaninchen nahm die Frequenz stetig zu. Guttmann fand dagegen eine Abnahme der Frequenz bei 2 an Kaninchen angestellten Versuchen mit offenem Pneumothorax bei weit klaffender Fistel. Breuer machte in seiner classischen Arbeit über die Selbststeuerung der Lunge 2 Versuche an Kaninchen mit Pneumothorax. Er giebt an, dass beim offenen Pneumothorax mit enger Fistel die Kaninchen in tiefen langen Athemzügen athmen; er beobachtet mit anderen Worten eine Abnahme der Frequenz und eine Zunahme der Tiefe.

Wir sehen somit, dass in Bezug auf die Athemfrequenz bei offenem Pneumothorax der Kaninchen die Untersuchungen verschiedener Autoren keine übereinstimmende Resultate geliefert haben.

Wir wenden uns jetzt zu den Veränderungen der Athmungsbewegungen beim Uebergang aus dem geschlossenen Pneumothorax zum offenen.

Hier finden wir es für zweckmässig zu unterscheiden 1) den Uebergang aus dem exspiratorisch geschlossenen Pneumothorax d. h. eines solchen, der selbst seinerseits aus dem offenen durch Schliessen der Luftzufuhr auf der Höhe der Exspiration erzeugt worden ist, 2) den Uebergang aus einem solchen geschlossenen Pneumothorax, der durch Injection eines abgemessenen Luftquantums entstanden ist.

Was den ersten anbelangt, so liegen uns folgende Versuche vor.

Versuch Nr. 23 zeigt beim geschlossenen Pneumothorax eine Frequenz von 33, eine Tiefe von 15 Mm., beim offenen (Vers. Nr. 24) steigt die Frequenz auf 40,5 (+ 27,7%), die Tiefe auf 17 Mm. (+ 12,6%). Der geschlossene Pneumothorax (Vers. Nr. 11) zeigt eine Frequenz von 16,3, eine Tiefe von 12 Mm., beim offenen (Vers. Nr. 12) steigt die Frequenz auf 25,4 (+ 55,8%), die Tiefe steigt auf 25 Mm. (+ 108%). Ein ähnliches Resultat zeigen die Versuche an einem narcotisirten und tracheotomirten Hunde. Der geschlossene Pneumothorax (Vers. Nr. 59) zeigt eine Frequenz von 48, beim offenen Pneumothorax (Vers. Nr. 60) steigt sie auf 67 (+ 28,3%), die durchschnittliche Tiefe blieb in diesem Falle unverändert. Daraus folgt, dass meist beide Factoren, Frequenz und Tiefe, beim offenen Pneumothorax eine Zunahme erfahren gegenüber dem exspiratorisch geschlossenen.

Tafel I, Nr. II illustrirt diese Verhältnisse. Wir haben nämlich in 2 de und 3 ef die Athmungscurve des exspiratorich geschlossenen Pneumothorax; 3 fg stellt die Athmungscurve des offenen Pneumothorax dar.

Wir wollen nunmehr diese unsere Resultate mit den von anderen gewonnenen vergleichen. Da keiner ausser Weil an Hunden gearbeitet hat, so sind seine Angaben für uns am wichtigsten und sollen zuerst erwähnt werden. Hier haben wir zum zweiten Mal eine Uebereinstimmung zwichen den Ergebnissen seiner Arbeit und denen unserer. „Die Zunahme der Frequenz ist beim offenen Pneumothorax bedeutender als beim geschlossenen“ sagt Weil[1]). Was die Tiefe anbetrifft,

1) l. c. pag. 34.

so führt zwar Weil bei Hunden keinen direkten Vergleich zwischen geschlossenem und offenem Pneumothorax an, aber die bedeutendere Athemtiefe beim offenen Pneumothorax ist aus den S. 32 und 33 abgebildeten Curven sehr gut ersichtlich. Was die Resultate der Weil'schen Versuche an Kaninchen anlangt, so differiren sie von den an Hunden gewonnenen insofern, als die Tiefe zwar auch hier eine Zunahme erfährt, die Frequenz aber nicht; letztere nimmt vielmehr ab. „Beim offenen Pneumothorax (der Kaninchen) ist die Athmung langsamer, aber geht um vieles tiefer von statten, als beim geschlossenen“ [1]).

Dasselbe Resultat in Bezug auf die Frequenz finden wir bei Weil-Thoma [2]) und Leichtenstern [3]). Breuer [4]), der diese Frage an der Hand der graphischen Methode untersucht hat, zeigte an seinen Curven eine Abnahme der Frequenz und Zunahme der Tiefe beim Uebergang aus dem geschlossenen Pneumothorax zum offenen. Es stimmen somit seine Resultate mit denen von Weil an Kaninchen gefundenen überein. Wir wollen übrigens nicht unterlassen zu erwähnen, dass Breuer seine Curven an dem Zwerchfelle der Kaninchen gewonnen hat.

Der Uebergang aus der 2-ten Form des geschlossenen Pneumothorax zum offenen ergab uns folgende Resultate: Versuch Nr. 21 zeigt beim geschlossenen Pneumothorax (300 Ccm. Luft) eine Frequenz von 24, eine Tiefe von 19 Mm.; beim offenen

1) l. c. pag. 13.
2) l. c. Tabelle pag. 506.
3) l. c. Tabelle pag. 211.
4) l. c.

(Vers. Nr. 22) steigt die Frequenz auf 50,4 (+ 111%), die Tiefe sinkt bis 16 Mm. (— 15,7%). Versuche Nr. 33 und 34 zeigen dieselben Verhältnisse an einem narcotisirten und tracheotomirten Hunde. Nr. 33 zeigt beim geschlossenen Pneumothorax (280 Ccm. Luft) eine Frequenz von 9, eine Tiefe von 23 Mm.; beim offenen Pneumothorax (Nr. 34) steigt die Frequenz auf 14 (+ 55,5%), die Tiefe sinkt bis 19 Mm. (— 17,8). Denselben Fall sehen wir in den Versuchen Nr. 36 und 37. Beim Einführen einer nicht genau notirten Luftmenge in die Pleurahöhle eines narcotisirten Hundes zeigt sich beim geschlossenen Pneumothorax (Vers. 36) eine Frequenz von 15, eine Tiefe von 25 Mm.; nach Erzeugung des offenen Pneumothorax (Vers. Nr. 37) steigt die Frequenz auf 47 (+ 213%), die Tiefe sinkt bis 15 Mm. (— 40%). Diese drei Versuche lehren einstimmig, dass beim Uebergange eines durch Injection einer abgemessenen Luftmenge erzeugten geschlossenen Pneumothorax in den offenen die Frequenz steigt und die Tiefe sinkt. Als Illustration dieser Verhältnisse mögen unsere Curven Nr. VII und Nr. VIII dienen.

Nr. VII. 1) zeigt die normale Athmung; 2) die Athmung nach der Tracheotomie; 3 ab. die Athmung beim geschlossenen Pneumothorax nach Injection einer abgemessenen Luftmenge; 3 b. die Athmung beim offenen Pneumothorax.

Nr. VIII a b. stellt die Athmungscurve des geschlossenen Pneumothorax dar; b. die Curve des offenen Pneumothorax.

Wir müssen natürlich betonen, dass wenn wir von einem abgemessenen Luftquantum sprachen, wir

darunter mittlere, für das Thier nicht schwer ertragbare Mengen verstanden haben. Wir werden später noch Gelegenheit haben zu sehen, dass, wenn die pneumothoracische Luftmenge eine gewisse mittlere Grösse überschritten hat und die Pleurahöhle zu viel Luft beherbergen muss, die Athemtiefe erheblich sinkt. Wird nun solch einer, bei zu grosser Luftmenge erzeugter, geschlossener Pneumothorax in den offenen verwandelt, so wird dann die Tiefe zunehmen.

Versuch Nr. 70 zeigt uns einen geschlossenen Pneumothorax bei zu grosser Luftmenge. Die Frequenz ist hier gleich 49,5, die Tiefe gleich 2 Mm.; beim offenen Pneumothorax (Vers. Nr. 71) steigt die Frequenz auf 69 (+ 39,3%), die Tiefe steigt auf 9 also 350%. Dieser Fall wird durch die Curve Nr. XII illustrirt:

1 zeigt die normale Athmung; 3 b. die Athmung beim geschlossenen Pneumothorax bei sehr grosser Luftmenge; 4 die Athmung beim offenen Pneumothorax.

Wir können hier keine Untersuchungen anderer Autoren über die uns hier interessirende Frage anführen. Es hat keiner die Athmungsveränderungen beim Uebergang des bei mittleren und grösseren Luftmengen geschlossenen Pneumothorax in den offenen untersucht. Ja, wir finden nirgens angegeben, dass überhaupt der geschlossene Pneumothorax bei verschieden abgemessenen Luftmengen von anderen Experimentatoren erzeugt worden ist. Trotzdem glauben wir, dass Weil mehrere Versuche dieser Art gemacht hat und zwar, dass seine Experimente über den „Ventilpneumothorax verschiedener Grade“ nichts anders, als Versuche über den

geschlossenen Pneumothorax bei verschieden grosser Luftmenge vorstellen. Da Weil dabei keinen Vergleich zieht zwischen dieser Form des Pneumothorax und dem offenen, so brauchen wir hier nicht auf die nähere Erörterung dieses Punktes eingehen. Wir werden bei der speciellen Besprechung des geschlossenen Pneumothorax darauf noch zurückkommen. Die Quanta, welche wir in allen diesen Fällen injicirt haben, übertrafen die Luftmenge, welche der Pleuraraum spontan d. h. beim exspiratorisch geschlossenen Pneumothorax aufnimmt. Diese beträgt nach der Weil'schen Untersuchung ca. 31,3 Ccm. pro Kilo Thier[1]). Es ist natürlich auch möglich genau so viel Luft zu injiciren, als die Pleurahöhle beim Oeffnen eines Intercostalraumes aufnehmen würde; die Athmungsverhältnisse würden sich dann ganz so gestalten, wie beim exspiratorisch geschlossenen Pneumothorax. Untersuchungen bei noch kleineren Mengen haben wir nicht angestellt.

Geschlossener Pneumothorax.

Wir wollen zunächst den geschlossenen Pneumothorax mit abgemessenen Luftmengen besprechen.

Ein Hund ruhigen Temperaments, der sich ohne Narcose gebrauchen liess, bekam 300 Ccm., in 3 Portionen getheilt, injicirt, wobei nach jeder Portion eine Athmungscurve aufgenommen wurde. Die normale Curve des unversehrten Hundes (Vers. Nr. 18) ergiebt

1) l. c. pag. 35.

eine Frequenz von 48 in der Minute, eine Tiefe von 10 Mm. Nach Injection von 100 Ccm. Luft (Vers. Nr. 19) sinkt die Frequenz bis 45 (— 6,25%), die Tiefe steigt auf 15 Mm. (+ 50%); die 2. Injection (Vers. Nr. 20) ergiebt eine Frequenz von 38,4 (— 14,6% gegen die Norm), eine Tiefe von 17 Mm. (+ 70% g. d. N.); nach der 3. Injection (Vers. Nr. 21) sinkt die Frequenz bis 24 (— 46,6% g. d. N.), die Tiefe steigt auf 19 Mm. (+ 90% g. d. N.). Es folgte somit nach jeder Injection eine Abnahme der Frequenz und Zunahme der Tiefe. Dieselben Folgen hatten die Luftinjectionen an einem 2. Hunde, dessen normale Frequenz 63, normale Tiefe 4,5 Mm. betrug (Vers. Nr. 28). Nach Injection von 140 Ccm. (Vers. Nr. 29) fiel die Frequenz bis 39 (— 38%), die Tiefe stieg auf 7 Mm. (+ 55,5%), nach nochmaliger Injection von 70 Ccm. (Vers. Nr. 30) fiel die Frequenz bis 36 (— 43% g. d. N.), die Tiefe stieg auf 12 Mm. (+ 166% g. d. N.).

Ein narcotisirter und tracheotomirter Hund ergab dieselben Resultate. Seine normale Athemfrequenz von 18,7 (Vers. Nr. 32) sank nach Einblasen von 280 Ccm. Luft (Vers. Nr. 33) bis 9 (— 51%), die normale Tiefe von 7 Mm. stieg auf 23 Mm. (+ 228%).

Während die Resultate dieser 7 an 3 Hunden angestellten Versuche gut übereinstimmen, war es bei anderen Versuchen nicht der Fall. Ein solches abweichendes Verhalten finden wir im Protocoll Nr. VI. Die normale Frequenz eines narcotisirten Hundes (Vers. Nr. 25) betrug 10,2, die normale Tiefe 8,6 Mm. Nach Injection von 280 Ccm. Luft (Vers. Nr. 26) stieg die Frequenz auf 14,4 (+ 29%), die Tiefe auf 9 Mm. (+ 11,6%). Nach der folgenden Injection von 140 Ccm.

(Vers. Nr. 27) stieg die Frequenz auf 17,4 (+ 41% g. d. N.), die Tiefe ist aber nicht gestiegen, sondern ist bis 7,4 Mm. gefallen (— 13,9% g. d. N.). Wenn somit diese Versuche in beiden Fällen ein Steigen der Frequenz zeigen, so ist andererseits die Tiefe ein Mal gestiegen, das andere Mal gefallen.

In Anbetracht dieses abweichenden Versuchsergebnisses wiederholten wir den Versuch an einem Kaninchen. Wie es aus dem Versuch Nr. 38 ersichtlich ist, betrug die normale Frequenz 162 in der Minute, die Tiefe $^1/_2$ Mm. Die erste Injection von 25 Ccm. Luft (Vers. Nr. 39) veränderte die Frequenz nicht, die Tiefe stieg wohl auf 1 Mm. (+ 100%). Bei der nächsten Injection von 25 Ccm. (Vers. Nr. 40) fiel die Frequenz bis 150 (— 7,4% g. d. N.), die Tiefe stieg auf 1,1 Mm.; die folgende Injection derselben Menge (Vers. Nr. 41) ergab ein Steigen der Frequenz auf 180 (+ 11% g. d. N.) und der Tiefe auf 1,8 Mm. (+ 260% g. d. N.); bei der nächsten Injection (Vers. Nr. 42) fiel die Frequenz bis 126 (— 22,1% g. d. N.), die Tiefe stieg auf 2 Mm. (+ 300% g. d. N.); bei weiterer Injection derselben Menge (Vers. Nr. 43) fiel die Frequenz bis 120 (— 25,9% g. d. N.), die Tiefe blieb unverändert; schliesslich nach der letzten Injection (Vers. Nr. 44) fiel die Frequenz bis 112,5 (— 28% g. d. N.) und die Tiefe stieg auf 3 Mm. (+ 500% g. d. N.).

6 Injectionen zu 25 Ccm. Luft ergaben also an einem Kaninchen in Bezug auf die Frequenz 1 Mal ein Steigen, 4 Mal ein Sinken, 1 Mal blieb die Frequenz unverändert; in Bezug auf die Tiefe — 5 Mal ein Steigen und 1 Mal keine Veränderung. In der grössten Mehrzahl der Fälle haben wir hier somit ein Sinken

der Frequenz und ein Steigen der Tiefe zu constatiren. Es schliessen sich diese Resultate den an Hunden in der Mehrzahl gewonnenen an.

In den Versuchen Nr. 76, 77 und 78, in denen jedes Mal eine Injection von 140 Ccm. Luft gemacht worden ist, steigt die Athemtiefe von der zuvor herrschenden Höhe von 6 Mm. auf 8 Mm., 10 Mm., 14 Mm., was einen Zuwachs von 33%, 66% und 133% liefert. Aus allen diesen Versuchen schliessen wir folgendes: Bei der Erzeugung eines geschlossenen Pneumothorax durch Injection einer abgemessenen Luftmenge tritt eine Veränderung der Athmung ein, welche in der Mehrzahl der Fälle sich in einer Abnahme der Frequenz und Zunahme der Tiefe äussert.

Als Illustration mögen die Curven Nr. IV und V dienen.

Nr. IV. 1. zeigt die normale Athmung; 2. die Athmung bei geschlossenem Pneumothorax nach Injection von 140 Ccm.; 3. die Athmung bei geschlossenem Pneumothorax nach Injection von noch 70 Ccm.

Nr. V. 1. zeigt die normale Athmung beim Kaninchen. 2. die Athmung bei geschlossenem Pneumothorax nach Injection von 50 Ccm. 3. nach Injection von noch 50 Ccm. 4. nach Injection von weiteren 50 Ccm. (Gesammtmenge 150 Ccm.).

Die eben beschriebenen Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass die injicirten Luftmengen mittlere für das Thier nicht schwer ertragbare Quanta betrugen. Wir haben schon früher aufmerksam gemacht, dass wenn diese Bedingung nicht erfüllt wird, d. h. der geschlossene Pneumothorax bei einer sehr grossen

Luftmenge erzeugt wird, die Verhältnisse sich anders gestalten. Wir können diese grosse Luftmengen vermittelst der Ventilvorrichtung einströmen lassen, indem wir das Ventil lange Zeit einwirken lassen und erst dann die Pleuracanüle schliessen. Folgende Versuche, die bei grösserer Luftmenge gemacht worden sind, lassen uns das Verhalten der Frequenz und Tiefe in diesen Fällen deutlich übersehen. Der Versuch Nr. 64 zeigt uns eine Frequenz des geschlossenen Pneumothorax von 48, eine Tiefe von 13 Mm. Wird durch das Ventil noch weiter Luft eingelassen und dann die Luftzufuhr geschlossen (Vers. Nr. 66), so beträgt die Frequenz nur 46,8, d. h. um 2,5% weniger als zuvor, die Tiefe nur 8 Mm., d. h. um 38,4% weniger. Es nehmen hier beide Factoren ab. Beim geschlossenen Pneumothorax mit noch grösserer Luftmenge (Vers. Nr. 68) fällt die Frequenz bis 45, die Tiefe bis 3 Mm. Letztere ist also bis zu der normalen Tiefe gesunken. Bei noch grösserer Luftmenge steigt die Frequenz auf 49,5, d. h. um 75,9% g. d. N., die Tiefe fällt aber schon auf 2 Mm., d. h. um 33,3% unter die Norm.

Aehnliche Verhältnisse, die aber hier nur in Bezug auf die Tiefe beobachtet wurden, bietet uns Protocoll Nr. XVI. Im Versuche Nr. 74 beträgt die normale Tiefe 3 Mm. Sie steigt im Versuch Nr. 80 beim geschlossenen Pneumothorax auf 15 Mm., d. h. um 400% gegen die Norm. Wird die Luftmenge noch vergrössert (Vers. Nr. 82), so sinkt die Tiefe bis 11 Mm., d. h. um 26% und bei wieder zunehmender Menge (Vers. Nr. 84) sinkt die Tiefe bis 10 Mm. d. h. um 33,3% gegen die im Versuch Nr. 80. Wir können aus diesen Versuchen folgenden Schluss ziehen: Wird beim ge-

schlossenen Pneumothorax eine gewisse mittlere, nicht schwer ertragbare Luftmenge überschritten, so ist eine stetige, dem Grade der Luftmenge entsprechende Abnahme der Tiefe zu constatiren; bei sehr grossen Luftmengen sinkt die Tiefe sogar unter die Norm. In Bezug auf die Frequenz lässt sich nur ein Schwanken, aber keine Abnahme bemerken; sie bleibt immer hoch und übertrifft mehrmals die Frequenz der normalen Athmung.

In Weil's Arbeit finden wir keine direkte Angaben über den geschlossenen Pneumothorax mit verschiedener Luftmenge. Wir sind der Ansicht, dass seine an Hunden gewonnenen Curven, welche er als Curven des Ventilpneumothorax bezeichnet, nichts Anderes als Athmungscurven des geschlossenen Pneumothorax darstellen. Bei den Versuchen an Kaninchen lässt Weil die Pleurahöhle vermittels des Ventils sich vollsaugen und nimmt dann die Athmungscurve auf. Weil erzeugt somit an Kaninchen den echten Ventilpneumothorax, wo die Luft auch beim Inspirium nicht eintreten kann, weil der Druck den höchsten Grad erreicht hat. Bei Hunden verfuhr Weil anders. Wir wollen seine eigenen Worte citiren: „Bei Anlegung des Ventilpneumothorax musste (bei Hunden) in etwas anderer Weise verfahren werden, als bei Kaninchen. Während bei letzteren so lange Luft durch das Inspirationsventil in die Pleurahöhle eingelassen werden konnte, als überhaupt unter dem Atmosphärendruck einzudringen vermochte, wurden die Hunde, bevor dieser höchste Grad des Ventilpneumothorax erreicht war, schon zu einer Zeit, da das Manometer noch einen

negativen Druck verzeichnete, so hochgradig dyspnoisch, dass ein weiteres Zulassen von Luft unstatthaft war. Es wurde desshalb in den meisten Fällen, nachdem die Werthe des exspiratorisch geschlossenen Pneumothorax gefunden waren, einzelne Portionen Luft in die Pleurahöhle eingelassen und so nach einander verschiedene Grade des Ventilpneumothorax erzeugt, bis der Maximalwerth, bei dem das Thier noch bestehen konnte, erreicht war." (§ 24). Dem zufolge nahm Weil Athmungscurven auf bei „Ventilpneumothorax nach Einlassen von 40 Ccm. Luft, Ventilpneumothorax nach Einlassen von 70 Ccm. Luft"[1]) und weiter „Ventilpneumothorax bei 150, 340, 460 Ccm."[2])

Wir glauben, dass Weil mit dieser Methode keinen Ventilpneumothorax verschiedener Grade, sondern den geschlossenen Pneumothorax bei verschiedener Luftmenge erzeugt hat. Wir haben schon erwähnt, dass, wenn wir die Ventilvorrichtung wirken lassen und nach einer Zeit die weitere Luftzufuhr schliessen, wir einen geschlossenen Pneumothorax bekommen. Gestatten wir darauf der Luft den weiteren Zutritt, um nach einer Zeit wieder zu schliessen, so erzeugen wir im letzteren Falle wieder einen geschlossenen Pneumothorax, der sich vom ersteren nur durch die grössere Luftmenge unterscheidet.

Hätte Weil nicht bei einer bestimmten Luftmenge die Luftzufuhr geschlossen, so könnte man seinen Ventilpneumothorax als einen Ventilpneumothorax in statu nascenti betrachten. Wir müssen aber annehmen, dass die Luftzufuhr unterbrochen war, weil

1) l. c. pag. 30.
2) l. c. pag. 31.

sonst Weil nicht im Stande gewesen wäre jedes Mal die Luftmenge präcise anzugeben, da beim Ventilpneumothorax in statu nascenti die Luftmenge in der Pleurahöhle bei jedem Inspirium zunimmt. Ausserdem giebt Weil selbst zu, dass sein experimenteller Ventilpneumothorax eher den geschlossenen Pneumothorax darstellt. In der Einleitung seiner Arbeit findet sich bei Weil die Stelle: „Wenn im Folgenden von Ventilpneumothorax die Rede ist, wird damit nicht der Ventilpneumothorax in statu nascenti, sondern die aus demselben hervorgegangene Form des geschlossenen Pneumothorax gemeint sein[1]),“ — welche vollständig mit unserer Auffassung übereinstimmt. Die weitere Darstellung Weil's hat leider dadurch etwas sehr unklares und verschwommenes, weil er diese klare Definition später wieder verlässt und die oben berührten Pneumothoraxformen als Ventilpneumothorax behandelt. Halten wir unseren Standpunkt fest, so zeigt sich eine erfreuliche Uebereinstimmung unserer Resultate mit denen Weil's.

Wir können geschlossenen Pneumothorax auf eine andere Art erzeugen, durch Schluss des offenen im Momente der Exspiration. Das ist der exspiratorisch geschlossene Pneumothorax. Es ist klar, dass bei diesem geschlossenen Pneumothorax in der Pleurahöhle so viel Luft enthalten sein wird, wie beim offenen im Momente der Exspiration. Wir haben schon erwähnt, dass dabei die Luftmenge eine geringere ist, als die, welche wir bei den zuerst besprochenen Formen des geschlossenen Pneumothorax injicirten.

1) l. c. pag. 4.

Versuch Nr. 18 zeigt eine normale Athmungsfrequenz, die gleich ist 48, eine Tiefe von 10 Mm., bei geschlossenem Pneumothorax (Vers. Nr. 23) sinkt die Frequenz bis 33 (— 31,2 %), die Tiefe steigt auf 15 Mm. (+ 50 %). Vers. Nr. 7 ergiebt eine normale Frequenz von 14, eine Tiefe von 10 Mm., bei geschlossenem Pneumothorax (Vers. Nr. 11) steigt die Frequenz auf 16,3 (+ 16,4 %), die Tiefe auf 12 (+ 20 %). Die normale Frequenz von 11,2 des narcotisirten Hundes im Versuch Nr. 48 steigt beim geschlossenen Pneumothorax (Vers. Nr. 53) auf 31,5 (+ 181,2 %), die normale Tiefe von 7,8 Mm. auf 28 Mm. (+ 258,9 %); schliesslich haben wir im Versuch Nr. 54 beim narcotisirten und tracheotomirten Hunde eine normale Frequenz von 14, eine Tiefe von 4 Mm. Beim geschlossenen Pneumothorax (Vers. Nr. 59) steigt die Frequenz auf 51,8 (+ 270 %), die Tiefe auf 15,5 Mm. (+ 287,5 %) und beim 2-ten Versuch an demselben Thier (Vers. Nr. 61) steigt die Frequenz auf 62 (+ 342,8 % gegen die Norm) und die Tiefe auf 14 Mm. (+ 250 % gegen die Norm). 5 Curven des geschlossenen Pneumothorax ergaben also in Bezug auf die Frequenz 4 Mal ein Steigen, 1 Mal ein Sinken, in Bezug auf die Tiefe in allen Fällen ein Steigen.

Wir stellen somit den Satz auf: Beim exspiratorisch geschlossenen Pneumothorax wird die Athmung in der Mehrzahl der Fälle frequenter und tiefer, als beim normalen Thiere.

Als Illustration mögen die Curven Nr. VI dienen. 1. zeigt die normale Athmung, 2. die Athmung bei exspiratorisch geschlossenem Pneumothorax.

Weil, dessen sämtliche Versuche über den geschlossenen Pneumothorax gerade dieser Kategorie angehören, hat den unsrigen entsprechende Ergebnisse in Bezug auf Tiefe und Frequenz nur bei Kaninchen gefunden, für Hunde dagegen giebt er an, dass wohl die Frequenz zunimmt, die Tiefe aber sinkt.

Auch Weil-Thoma[1]) fanden an Kaninchen in den weit meisten Fällen eine Zunahme der Frequenz, dasselbe Resultat finden wir bei Leichtenstern[2]).

Wir haben schon oben gefunden, dass beim Uebergange des exspiratorisch geschlossenen Pneumothorax in den offenen die Frequenz und Tiefe zunehmen; wir können im umgekehrten Falle, d. h. beim Uebergang des offenen in den geschlossenen eine Abnahme beider Factoren erwarten. Diesen Erwartungen entsprechen die Ergebnisse unserer Versuche (Nr. 10 und 11, Nr. 22 u. 23, Nr. 52. u. 53, Nr. 58 u. 59, Nr. 60 u. 61).

Als Illustration mögen uns die Curven Nr. II, 2 dienen. Cd zeigt die Athmung beim offenen Pneumothorax, de. die Athmung beim exspiratorisch geschlosssenen Pneumothorax.

Breuer[3]) fand in diesen Fällen eine Zunahme der Frequenz und Abnahme der Tiefe, Leichtenstern[4]) constatirt eine Abnahme der Frequenz.

Beim Umwandeln irgend eines Stadiums des Ventilpneumothorax in den geschlossenen Pneumothorax, könnte man erwarten, dass die in beiden Fällen aufgenommenen Curven nicht wesentlich

1) l. c. Tabelle pag. 506—507.
2) l. c. Tabelle pag. 211.
3) l. c. pag. 934.
4) l. c. Tabelle pag. 211.

von einander differiren werden, da im geschlossenen Pneumothorax die Luftmenge in der Pleurahöhle ganz dieselbe bleibt wie im letzten Momente des Ventilstadiums. In der That ist es nicht so. 4 an einem narcotisirten und tracheotomirten Hunde und 3 an einem nur narcotisirten Hunde angestellte Versuche zeigen uns die betreffenden Verhältnisse.

Versuch Nr. 63 b zeigt im Ventilstadium die Frequenz 81, die Tiefe 18 Mm., nach Erzeugen des geschlossenen Pneumothorax (Vers. Nr. 64) sinkt die Frequenz bis 48, d. h. um 40,7%, die Tiefe bis 13, d. h. um 31,1%. Die Frequenz von 62 des Ventilpneumothorax im Versuch Nr. 65 sinkt beim geschlossenen Pneumothorax (Vers. Nr. 66) bis 46,8, d. h. um 24,5%, die Tiefe von 16 Mm. sinkt bis 8 Mm., d. h. um 50%. Weiter sinkt beim Ventilpneumothorax (Vers. Nr. 67) die Frequenz von 55,2, beim geschlossenen Pneumothorax (Vers. Nr. 68) bis 45, d. h. um 18,5%, die Tiefe sinkt von 6 bis 3 Mm., d. h. um 50%. Schliesslich zeigt die Frequenz des Ventilpneumothorax (Vers. Nr. 69) 55,2, die Tiefe 4,5 Mm.; beim geschlossenen Pneumothorax sinkt die Frequenz bis 49,5, d. h. um 10,5%, die Tiefe bis 2, d. h. um 55,5%. Alle 4 Versuche zeigen ausnahmslos eine Abnahme der Frequenz und Tiefe beim Uebergange vom Ventilpneumothorax in den geschlossenen Pneumothorax.

Die Abnahme der Tiefe wird noch durch 3 folgende Versuche bestätigt, in denen auf die Frequenz nicht geachtet worden war. In den Versuchen Nr. 79, Nr. 81 b und Nr. 83 beträgt die Frequenz 17, 16 und 14; in den Versuchen Nr. 80, Nr. 82, Nr. 84 beim geschlossenen Pneumothorax beträgt die Tiefe 15 Mm., 11 Mm. und

10 Mm. Wir constatiren also eine Abnahme der Tiefe beim geschlossenen Pneumothorax um 11,7%; 31,2%; 28,5%. Die Veränderung der Athmung beim Uebergange vom Ventilpneumothorax in den geschlossenen Pneumothorax, trotz der gleichbleibenden Luftmenge, ist eine sehr interessante Erscheinung. Wir werden auf die Ursache dieses eigenthümlichen Verhaltens bei der Besprechung des Ventilpneumothorax zurückkommen.

Als Illustration dieser Verhältnisse mögen die Curven Nr. XII dienen. 2 a b zeigt die Athmung beim Ventilpneumothorax, ba die Athmung beim geschlossenen Pneumothorax; 3 a b zeigt die Athmung beim Ventilpneumotorax mit grosser Luftmenge, b. die Athmung beim geschlossenen Pneumothorax.

Ventilpneumothorax.

Wir haben schon betont, dass wir ebenso wenig wie Weil den echten Ventilpneumothorax erzeugen konnten. Wir mussten uns mit dem Ventilpneumothorax in statu nascenti bei verschieden grosser pneumothoracischer Luftmenge begnügen. Es waren auch hier ziemlich interessante Verhältnisse zu constatiren.

Im Versuche Nr. 48 beträgt die Athmungsfrequenz eines narcotisirten und tracheotomirten Hundes 11,2. Bei dem Ventilpneumothorax steigt die Frequenz zunächst (Vers. 49) auf 14,4 (+ 28,4% gegen die Norm), dann auf 20 (+ 87,5% g. d. N.), dann auf 30 (+ 167,8% g. d. N.), endlich auf 45 (+ 310,7% g. d. N.). Wir sehen somit, dass die Frequenz beim Ventilpneumo-

thorax von den niedrigsten bis zu den hohen Graden der Pleurafüllung stetig zunimmt. Die normale Tiefe beträgt 7,8 Mm., beim Ventilpneumothorax wächst sie zunächst auf 19,1 Mm. (+ 144,8%), dann auf 36 Mm. (+ 361,5% g. d. N.). Von jetzt ab beginnt die Tiefe abzunehmen. Bei fortgesetzt zunehmender Luftmenge sinkt sie zunächst bis 32 Mm., darauf bis 30 Mm., d. h. um 16,6% gegen ihre früher erreichte Grösse. Im Vergleich zu der normalen Tiefe ist es immer ein Zuwachs um 284,5%.

Die Tiefe steigt somit nur so lange, bis eine gewisse Luftmenge eingeströmt ist, wird diese überschritten, so fällt die Tiefe, d. h. das Thier beginnt flacher zu athmen.

Dieselbe Erscheinung zeigt Protocoll Nr. XIII. Die normale Frequenz beim narcotisirten und tracheotomirten Hunde beträgt 14. Beim Ventilpneumothorax steigt sie zunächst auf 16,2, dann auf 16,7, dann auf 18,4, schliesslich auf 21,3, d. h. um 52,1% gegen die Norm. Die Tiefe der normalen Athmung 4 Mm. steigt im Ventilpneumothorax zunächst auf 5,5 Mm. d. h. um 37,5% g. d. N., dann auf 7,5 Mm., dann auf 10 Mm., schliesslich auf 16 Mm., d. h. um 300% g. d. N. Hier wurde die weitere Luftzufuhr unterbrochen, noch ehe die Luftmenge eine sehr grosse Quote erreicht hatte, wir constatiren daher nur eine Zunahme der Tiefe. Lassen wir denselben Hund eine viel grössere Luftmenge in seine Pleurahöhle einpumpen (Vers. Nr. 57), so steigt wohl die Frequenz auf 31,5, d. h. um 32,4% gegen die Frequenz des früheren Vendilstadiums, die Tiefe aber fällt bis 13 Mm., d. h. um 18,7% gegen ihre frühere Grösse. Schliesslich, wo das Thier die höchst mögliche Luftmenge in seiner Pleurahöhle beherbergen muss

(derselbe Vers. b), steigt die Frequenz weiter und erreicht eine enorme Grösse von 80, d. h. um 153,9% gegen das vorige Mal, während die Tiefe wieder fällt und zwar bis 5 Mm., d. h. um 61,5% gegen das vorige Mal. Die Frequenz ist somit um 471,4%, die Tiefe nur um 25% gegen die Norm gestiegen. In Bezug auf die Tiefenverhältnisse wollen wir noch auf das Protocoll Nr. XVI hinweisen. Die normale Tiefe 3 Mm. (Vers. Nr. 74) steigt im Ventilpneumothorax (Vers. Nr. 75) zunächst auf 6 Mm., d. h. um 100%, dann auf 17 Mm., d. h. um + 466% g. d. N. (Vers. Nr. 79), darauf auf 18 Mm. d. h. um 500% g. d. N. (Vers. Nr. 81). Hier scheint die Tiefe ihr Maximum erreicht zu haben; von da an beginnt sie zu fallen und zwar zuerst auf 16 Mm. und dann auf 14 Mm., d. h. um 22,2% gegen ihren grössten Werth. Wir ziehen somit aus den angeführten Beispielen folgenden Schluss: Bei Entstehung des Ventilpneumothorax ist eine Zunahme beider Factoren, der Frequenz wie der Tiefe, zu constatiren; steigt aber die Luftmenge innerhalb der Pleurahöhle über ein gewisses Maass, so sinkt die Tiefe entsprechend der Zunahme der Luftmenge. Als Illustration dieser Verhältnisse mögen die Curven Nr. IX, X, XI, XII dienen.

Nr. IX, 1. zeigt die normale Athmung. 2. die Athmung bei Ventilpneumothorax. 3. die Athmung bei fortgesetzter Ventilwirkung. 4. ebenso.

Nr. X, 1. zeigt die normale Athmung. 2. bei Ventilpneumothorax. 3. bei fortgesetzter Ventilwirkung.

Nr. XI, 1. zeigt die normale Athmung. 2. die Athmung bei Ventilpneumothorax. 3. bei fortgesetzter Ventil-

wirkung. 4. ebenso. 5 a b. die Athmung bei Ventilpneumothorax mit grosser Luftmenge.

Nr. XII, 1. zeigt die normale Athmung. 2. ab. bei Ventilpneumothorax. 3. a b. bei Ventilpneumothorax mit grosser Luftmenge

Ein analoges Verhalten der Athemtiefe und Frequenz haben wir früher bereits beim geschlossenen Pneumothorax kennen gelernt. Es ist begreiflich, dass das steigende Luftquantum für beide Arten ähnliche Veränderungen des Athemmechanismus hervorrufen muss.

Trotzdem bleiben gewisse ziemlich charakterische Differenzen bestehen. Wir haben schon gezeigt, dass beim Uebergange aus dem Ventilpnenmothorax in den geschlossenen Pneumothorax die Frequenz und Tiefe abnehmen. Führen wir diesen geschlossenen Pneumothorax wieder in den Ventilpneumothorax über, indem wir die Pleuracanüle öffnen, so zeigt sich umgekehrt eine Zunahme beider Factoren, was aus den entsprechenden Versuchen ersichtlich ist. In den Versuchen Nr. 64 und Nr. 68 beträgt die Frequenz beim geschlossenen Pneumothorax 48 resp. 45. In den Versuchen Nr. 65 und Nr. 69 wächst beim Ventilpneumothorax die Frequenz auf 62 resp. 55,2. Wir constatiren somit eine Zunahme um 29,1 % resp. 22,6 %. Was die Tiefe anbetrifft, so zeigen die betreffenden Versuche die Zahlen 13 Mm. und 3 Mm. beim geschlossenen Pneumothorax und die Zahlen 16 Mm. und 4,5 Mm. beim Ventilpneumothorax. Somit haben wir im Ventilpneumothorax eine Zunahme der der Tiefe um 23 % resp. 50 %. In Bezug auf die Tiefe wollen wir noch die Versuche des Protocolls Nr. XVI anführen. Nr. 80 und Nr. 82 zeigen beim geschlossenen

Pneumothorax eine Tiefe von 15 Mm. resp. 11 Mm.; Nr. 81 und Nr. 83 beim Ventilpneumothorax eine Tiefe von 18 Mm. und 14 Mm. was eine Zunahme um 20% und um 27,2% ausmacht. — Die Unterschiede zwischen dem geschlossenen und dem Ventilpneumothorax sind leicht verständlich. Beim geschlossenen Pneumothorax werden die Excursionen der Brustwand durch das Medium der eingeschlossenen Luft auf die Lunge übertragen, so dass diese alle Bewegungen des Thorax mitmacht und dadurch immerhin noch eine, wenn auch nicht sehr vollkommene, Ventilation der Lunge zu Stande kommt. Beim Ventilpneumothorax wird der Uebertragung der Thoraxbewegungen auf die Lunge bei der Inspiration dadurch eine gewisse Schwierigkeit bereitet, dass die Luft durch die Fistel einstömt. Es wird infolge dessen eine grössere Excursion der Brustwand nöthig sein, um dieselbe Ausdehnung der Lunge zu erzielen, wie beim geschlossenen Pneumothorax. Entsprechend der dadurch erzeugten schlechteren Lungenventilation wird die Athemfrequenz vermehrt werden, um die Störung möglichst zu compenisiren.

Protocoll Nr. I.

Ein weiblicher schwarzer Hund von 7650 Grm.

Nr. des Versuches		Athemfrequenz.				Durchschnittli Athemtiefe	
		Gezählt.	In Secun- den.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme in
1	Normal	39	90	26		17	
2	Offener Pneumoth. Canüle 3 Mm. weit	59	90	39,3	+ 51,1	35	+ 105

Protocoll Nr. II.

Ein weisser 7600 Grm. schwerer männlicher Hund.
Narcose. 0,2 Morphium subcutan. Tracheotomie.

Nr. des Versuches.		Athemfrequenz.				Durchschnittli Athemtiefe	
		Gezählt.	In Secun- den.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme i
3	Normal. Narcose .	18	120	9		7,2	
4	Tracheotomie . .	12	„	6	— 33,3 g. d. N.	12,9	+ 79 g.
5	Offen. Pn. Canüle 2 Mm.	28	„	14	+ 133 g. Nr. 4	22	+ 70,5 g.
6	Offen. Pn. Canüle 6 Mm.	38	„	19	+ 216 g. Nr. 4	42	+ 242 g.

Protocoll Nr. III.

Weisser männlicher Hund von 6440 Grm.

	Athemfrequenz.				Durchschnittliche Athemtiefe.	
	Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme in Pct.
Normal	14	60	14		10	
Offen. P. bei 6 Mm. weiten Canüle u. freiem Schlauch .	23	48	28,7	+ 105 g. d. N.	45	+ 350 g. d. N.
Offen. P. bei ganz engem Schlauch .	11	22	30		22	— 51,1 g. Nr. 8
Offen. P. Schlauch weiter gemacht .	7	20	21	— 30 g. Nr. 9	40	+ 81,9 g. Nr. 9
Geschlossener P.	12	44	16,3	— 22,3 g. Nr. 10 + 16,4 g. d. N.	12	— 70 g. Nr. 10 + 20 g. d. N.
Offen. P. bei engem Schlauch . . .	8	22	25,4		25	
Offen. P. bei weitem Schlauch . .	5	15	20	— 25 g. Nr. 12	40	+ 60 g. Nr. 12

Protocoll Nr. IV.

Weibliches Kaninchen 1320 Grm. schwer.

Bei einem Kaninchen wird ein offener Pneumothorax erzeugt bei 4 Mm. weiten Canüle. Der von der Canüle abgehende Gumlauch wird zunächst stark verengt, dann allmählig erweitert und f wieder verengt. Auf die Frequenz wird nicht geachtet.

	Mm.	Zunahme in Pct.
Normal	$^1/_2$	
Offener Pn. bei ganz engem Schlauch .	1	+ 50 g. d. N.
Offener Pn. bei ganz weitem Schlauch .	4,5	+ 800 g. d. N.
Offener Pn. bei ganz engem Schlauch .	1	+ 50 g. d. N.

Protocoll Nr. V.

Ein männlicher weisser Hund 4150 Grm. schwer.

Nr. des Versuchs.		Athemfrequenz.				Durchschnitti. Athemtiefe	
		Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme i
18	Normal	80	100	48		10	
19	Geschloss. Pneumothorax nach Injection von 100 Ccm. Luft . . .	75	100	45	— 6,25 g. d. N.	15	+ 50 g.
20	Geschloss. Pneumothorax nach Injection von noch 100 (Gesammtmenge = 200) .	64	100	38,4	— 14,5 g. d. N.	17	+ 70 g.
21	Geschloss. Pneumothorax nach Injection von noch 100 (Gesammtmenge = 300 Ccm.)	40	100	24	— 46,6 g. d. N.	19	+ 90 g.
22	OffenerPneumoth.	84	100	50,4	+ 110 g. d. N.	16	+ 60 g. — 15,7 g.
23	Geschloss. Pneumothorax auf der Höhe des Exspiriums	11	20	33	— 33,7 g. Nr. 22	15	— 6,2 g. + 50 g.
24	OffenerPneumoth.	27	40	40,5	+ 22,7 g. Nr. 23	17	+ 12,6 g.

Protocoll Nr. VI.

Ein männlicher schwarzer Hund von 7220 Grm.

Narcose. Morphium 0,3 subcutan.

	Athemfrequenz.				Durchschnittliche Athemtiefe.	
	Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme in Pct.
Normal. Narcose .	17	100	10,2		8,6	
Geschloss. Pneumothorax nach Injection von 280 Cm. Luft . . .	24	100	14,4	+ 29,1 g. d. N.	9,6	+ 11,6 g. d. N.
Geschloss. Pneumothorax nach Injection von noch 140Cm.(Gesammtmenge = 420) .	29	100	17,4	+ 41,3 g. d. N.	7,4	— 13,9 g. d. N. — 22,9 g. Nr. 26

Protocoll VII.

Ein Hund (dänische Dogge) von 4600 Grm.

Nr. des Versuches.		Athemfrequenz.				Durchschnittl. Athemtiefe	
		Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme i.
28	Normal	116	110	63,2		4,5	
29	Geschloss. Pneumothorax nach Injection von 140 Ccm.	72	110	39,2	— 38 g. d. N.	7	+ 55,5 g.
30	Geschloss. Pneumothorax nach Injection von noch 70 Ccm. (Gesammtmenge 210) . . .	66	110	36	— 43 g. d. N.	12	+ 166 g.

Nach Einblasen von noch 140 Ccm. Luft (Gesammtmenge = Ccm.) — starke Unruhe, sehr geringe Thoraxexcursionen und nach gen Minuten hört das Athmen ganz auf. Der Hahn der Pleuracanüle geöffnet, worauf Luft mit einem zischenden Geräusch herausst Künstliches Athmen (Heben und Senken der Thoraxwand) erw sich als nutzlos.

Protocoll Nr. VIII.

eisser männlicher Hund von 8500 Grm. Narcose. 0,6 Morphium subcutan. Tracheotomie.

	Athemfrequenz.				Durchschnittliche Athemtiefe.	
	Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme in Pct.
Normal. Narcose .	74	160	27,7		5	
Tracheotomie . .	50	„	18,7	— 36 g. d. N.	7	+ 40 g. d. N.
Geschloss. Pneumoth. nach Injection von 280 Ccm.	9	60	9	— 51 g. Nr. 32	23	+ 228 g. Nr. 32
Offener Pneumoth.	7	30	14	+ 55 g. Nr. 33	19	— 17,8 g. Nr. 33

Protocoll Nr. IX.

Ein schwarzer weiblicher Hund von 6500 Grm.

	Athemfrequenz.				Durchschnittliche Athemtiefe.	
	Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme in Pct.
Normal						
Geschloss. Pneumoth. nach Injection einer grösseren Menge Luft.	10	40	15		21	
Offener Pneumoth.	38	50	47	+ 213 g. Nr. 36	17	— 40 g. Nr. 36

Die Curve der normalen Athmung und die Notiz der beim gessenen Pneumothorax injicirten Luftmenge gingen unvorsichtiger zu Grunde.

Protocoll Nr X.

Männliches Kaninchen von 1585 Grm.

Nr. des Versuches.		Athemfrequenz.				Durchschnittl Athemtiefe	
		Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme i
38	Normal	54	20	162		½	
36	Geschloss. Pneumoth. nach Injection von 25 Ccm. Luft	108	40	162		1	+ 100 g.
40	Inject. von noch 25 (zusammen = 50)	50	20	150	— 7,4 g. d. N.	1,1	+ 110 g.
41	Inject. von noch 25 (zusammen = 75)	60	20	180	+ 11 g. d. N.	1,8	+ 260 g.
42	Inject. von noch 25 (zusammen = 100)	63	30	126	— 22,1 g. d. N.	2	+ 300 d.
43	Inject. von noch 25 (zusammen = 125)	100	50	120	— 25,9 g. d. N.	2	„
44	Inject. von noch 25 (zus. = 150 Ccm.)	75	40	112,5	— 28 g. d. N.	3	+ 500 g.

Protocoll Nr. XI.

Schwarzer männlicher Hund von 3500 Grm.

Narcose. Morphium subcutan 0,2. Pleuracanüle 4 Mm. wei

Nr. des Versuches.		Athemfrequenz.				Durchschnittl Athemtiefe	
		Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme i
45	Normal	40	110	21,8		3	
46	Ventilpneumothorax	82	180	27	+ 23,8 g. d. N.	13	+ 333 g.
47	Offener Pneumothorax	112	180	37		26	

Protocoll XII.

Weiblicher schwarzer Hund von 5000 Grm.
Narcose. Morphium 0,4 subcutan.

	Athemfrequenz.				Durchschnittliche Athemtiefe.	
	Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme in Pct.
Normal. Narcose .	28	150	11,2		7,8	
Ventilpneum. a. .	38	150	14,4	+ 28,4 g. d. N.	19	+ 144,8 g. d. N.
„ b. .	10	30	20	+ 87,5 g. d. N.	36	+ 361.5 g. d. N.
„ c. .	15	30	30	+ 167,8 g. d. N.	32	+ 310 g. d. N.
„ d. .	15	20	45	+ 310 g. d. N.	30	+ 284,5 g. d. N. — 16,6 g. b.
OffenerPneumoth.	10	20	30		32	
Ventilpneumoth. .	8	20	24		33	
	11	20	33		28	
	13	20	39		25	
	17	20	51		23,5	
OffenerPneumoth.	5	10	30		34	
	18	30	36		33,5	
Geschloss. Pneumoth. (exspirat.) .	42	80	31,5	— 8,6 g. Nr. 52 + 181,2 g. d. N.	28	— 17,1 g. Nr. 52 + 258,9 g. d. N.

Nach Aufnahme der Curve Nr. 53 wird die Ventilvorrichtung r eingeschaltet. Der Hund beginnt nach ca. 10 Minuten unruhig erden. Während einer heftigen Bewegung wird das Ventil bei starken Exspiration forcirt, und etwas Quecksilber spritzt aus der he heraus. Das Ventil wird entfernt und der offene Pneumo- x erzeugt.

Protocoll XIII.

Ein schwarzer 6850 Grm. schwerer Hund.

Narcose. Morphium 0,4 intravenös. Vena cruralis rechts. Trachec

Nr. des Versuches.		Athemfrequenz.				Durchschnitt Athemtief	
		Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme
54	Normal. Tracheotomie. Narcose .	14	60	14		4	
55	Ventilpneum. a. .	19	70	16,2	+ 15,6 g. d. N.	5,5	+ 37,5 g
	„ b. .	39	140	16,7	+ 19,2 g. d. N.	7,5	+ 87,5 g
	„ c. .	43	140	18,4	+ 31,4 g. d. N.	10	+ 150 g
	„ d. .	32	90	21,3	+ 52,1 g. d. N.	16	+ 300 g
56	OffenerPneumoth.	12	40	18		13,5	
		45	140	19,2		14,5	
		57	190	18		18	
		28	90	18,6		22	
57	Ventilpneum. a. .	21	40	31,5	+ 32,4 g. Nr. 55 d	13	18,7 g. N
	„ b. .	112	90	80	+ 153,9 g. a		— 61,5
					+ 471,4 g. d. N.	5	+ 25 g.
58	Offener Pneum. a.	93	70	79,7		10	
	„ b.	54	60	54		17	
59	Geschloss. Pneumothorax (exsp.) .	95	110	51,8	— 23,5 g. Nr. 58	15,5	+ 14,8 g
60	Geschloss. Pneumothorax nach 10 Minuten	32	40	48	+ 270 g. d. N.	15	+ 287,5 g
61	Offener Pneumrth.	67	60	67	+ 28,3 g. Nr. 59	15	
	Geschloss. Pneumothorax . . .	31	30	62	— 7,4 g. Nr. 60	14	— 6,6 g.
					+ 342,8 g. d. N.		+ 250 g

Protocoll Nr. XIV.

veiblicher weisser Hund von 8000 Grm. Narcose. Morphium 0,4 in die rechte Vena cruralis. Tracheotomie.

	Athemfrequenz.				Durchschnittliche Athemtiefe.	
	Gezählt.	In Secunden.	Pro Minute berechnet.	Zunahme in Pct.	Mm.	Zunahme in Pct.
ormal. Narcose, racheotomie . .	12	60	12		3	
Ventilpn. nach nger Dauer a .	54	50	64,8	+ 433 g. d. N.	17	+ 446 g. d. N.
„ b .	27	20	81	+ 575 g. d. N.	18	+ 500 g. d. N.
eschloss. Pneu- othorax . . .	16	20	48	—40,7 g. Nr. 36b + 300 g. d. N.	13	—31,1 g. Nr. 63b + 333 g. d. N.
entilpneumoth. .	31	30	62	+ 29,1 g. Nr. 64	16	+ 23 g. Nr. 64
eschloss. Pneu- othorax . . .	78	100	46,8	— 24,5 g. Nr. 65 — 2,5 g. Nr. 64	8	— 50 g. Nr. 65 — 38,4 g. Nr. 64
Ventilpneumoth. Nach einer län- eren Zeit) . . .	46	50	55,2	+ 17,9 g. Nr. 66	6	— 25 g. Nr. 66
eschloss. Pneum.	30	40	45	— 18,5 g. Nr. 67	3	— 50 g. Nr. 67
entilpneumoth. .	46	50	55,2	+ 22,6 g. Nr. 68	4,5	+ 50 g. Nr. 68
eschloss. Pneu- othorax . . .	33	40	49.5	— 10,5 g. Nr. 65 + 75,9 g. d. N.	2	— 55,5 g. Nr. 69 — 33,3 g. d. N.
ffener Pneum. .	46	40	69	+ 39,3 g. Nr. 70	9	+ 350 g. Nr. 70

Protocoll Nr. XV.

Weisser männlicher Hund von 5200 Grm. Narcose. Morphium 0,4 subcutan.

Der Versuch ist vorgenommen mit der Absicht, so lange die Ventilvorrrichtung wirken zu lassen, bis entweder die Pleurahöhle sich gänzlich gefüllt hat, d. h. bis auch im Inspirum keine Luft einstreicht und somit der echte Ventilpneumothorax sich einstellt, oder bis das Thier erstickt. Es wurde dabei von Zeit zu Zeit eine Athmungscurve aufgenommen, bei der nur auf die Tiefe geachtet wurde. Pleuracanüle = 2 Mm. Durchmesser.

Nr. des Versuches.			Mm.	Zunahme in Pct.
72	Um ½7 Uhr Abends	Norm. Curve	5	
73	Um 5 Min. nach ½7	Ventilpn.	6	
74	Um ½8 Uhr . .	„	15	
75	Um 8 Uhr . . .	„	20	+ 300 g. d. N.
76	Um 9 Uhr . . .	„	12	
77	Um ½10 Uhr . .	„	9	+ 80 g. d. N.

Um 10 Uhr wird bemerkt, dass die Luft während der Exspiration neben der Canüle vorbeistreicht. Der Versuch wird eingestellt.

Protocoll Nr. XVI.

ser männlicher Hund von 10200 Grm. Narcose 0,6 Morphium subcutan. Pleuracanüle = 4 Mm. Durchmesser.

	Durchschnittliche Tiefe.		Bemerkungen.
	Mm.	Zunahme in Pct.	
Normal. Narcose . .	3		Es tritt durch die Ventilvorrichtung die Luft nicht continuirlich in die Pleurahöhle herein, sondern alle paar Minuten streichen einige Luftblasen ein. Das Thier athmet sehr flach, wahrscheinlich in Folge der starken Narcose. Nach $^3/_4$ Stunden hört das Ventil ganz zu wirken auf.
Ventilpneumothorax nach $^3/_4$ Stunden .	6	+ 100 g. d. N.	
Geschloss. Pneumothorax nach Injection von 140 Ccm. aus einer Luftspritze . .	8	+ 33,3 g. Nr. 75	
Geschloss. Pneumothorax nach Injection von noch 140 Ccm.	10	+ 25 g. Nr. 76 + 66 g. Nr. 75	
Geschloss. Pneumothorax nach Injection von noch 140 Ccm. aus einer Luftspritze (Gesammtmenge der injicirten Luft = 420 Ccm.)	14	+ 40 g. Nr. 77	
Ventilpneumothorax	17	+ 21,4 g. Nr. 78 + 466 g. d. N.	Nachdem durch Injection von 420 Ccm. Luft tiefe Athembewegungen erzielt worden sind, wirkt das Ventil sehr energisch.
Geschloss. Pneum. .	15	— 11,7 g. Nr. 79 + 400 g. d. N.	
Ventilpneumoth. a.	18	+ 500 g. d. N. + 20 g. Nr. 80	
„ b.	16		
Geschloss. Pneum. .	11	— 26,6 g. Nr. 20 — 31,2 g. Nr. 81	
Ventilpneumothorax	14	— 22,2 g. Nr. 81 + 366 g. d. N. + 27,2 g. Nr. 82	
Geschloss. Pneum. .	10	— 33,3 g. Nr. 80 — 28,5 g. Nr. 83	
Offener Pneumoth. .	8		Beim Erzeugen des offenen Pneumothorax wird die dabei austretende Luft unter Wasser aufgefangen. Die Menge = ca. 200 Ccm. Darauf wird die Curve des Versuches Nr. 84 aufgenommen.
Offener Pneumoth. bei 8 Mm. weiten Canüle	20		

Protocoll XVII.

Ein schwarzer männlicher Hund von 5700 Grm. Narcose. Um 5 Uhr 30 Min. Nachmittags 0,2 Morphium subcutan. Um 6 Uhr zeigt der Hund noch keine Reaction, so dass wir ihm noch 0,2 Morphium subcutan einspritzen. Um 6 Uhr 30 Minuten ist der Hund noch immer nicht narcotisirt, und darauf wird ihm eine Injection von 0,4 Morphium gemacht. Doch müssen wir um 7 Uhr wieder 0,2 Morphium injiciren. Die Gesammtmenge des injicirten Morphiums beträgt 1,0. Dabei verhält sich der Hund noch immer nicht ganz ruhig, er bewegt sich und heult zuweilen. Die Athmung ist unregelmässig. Eine aufgenommene Curve zeigt bald grössere, bald kleinere Excursionen. Die Hautreflexe sind nicht erloschen. Der Hund wird abgebunden. Darauf ist er 24 Stunden lang schläfrig.

Thesen.

1. Die Excision des syphilitischen Primäraffects, eventuell mit den dazu gehörenden bereits afficirten Drüsen, ist unter Umständen zweckmässig.
2. Es kann nicht genug vor dem Gebrauch des Zincum sulfuricum im acuten Stadium der Uretritis gonorrhoica gewarnt werden.
3. Die Gefahr der Anwendung der Curette beim septischen Uterus liegt weniger in den eventuell zu setzenden Wunden, als viel mehr in den durch das Curettiren hervorgerufenen starken Bewegungen des Uterus.
4. In der Reinigung der Hände der Kreissenden besitzt der Geburtshelfer in der Privatpraxis einen guten Theil der Prophylaxe gegen puerperale Sepsis.
5. In Fällen günstiger Wirkung von Sperminiujectionen dürfte die Einbildung keine geringe Rolle spielen.
6. Die von Dehio angegebene Prüfung der motorischen Function des Magens soll in den entsprechenden Fällen nie unterlassen werden.

Erklärung der Curven.

Nr. I. 1. normal. Narcose. 2. Nach der Tracheotomie. 3. offener P. bei enger 4. bei weiter Canüle.

Nr. II. 1. normal, 2. a. offen. P. bei weiter Canüle und freiem Schlauch, b. bei ganz engem, c. bei weitem Schlauch, d. exspir. geschloss. P. 3. e. exspir. geschloss. P. f. offen. P. bei wenig verengtem, g. bei mehr weitem Schlauch.

Nr. III. Kaninchen. Offener P. bei allmähligem Verengern und Erweitern des Schlauches.

Nr. IV. 1. normal, 2. geschloss. P. Injection von 140 Ccm. Luft, 3. nach noch 70 Ccm.

Nr. V. Kaninchen. 1. normal, 2 geschloss. P. Injection von 50 Ccm. Luft, 3. noch 50 Ccm., 4. noch 50 Ccm.

Nr. VI. 1. normal, 2. exspir. geschloss. P.

Nr. VII. 1. normal, 2. nach der Tracheotomie, 3. geschloss. P. Injection von 280 Ccm. Luft, b. offen. P.

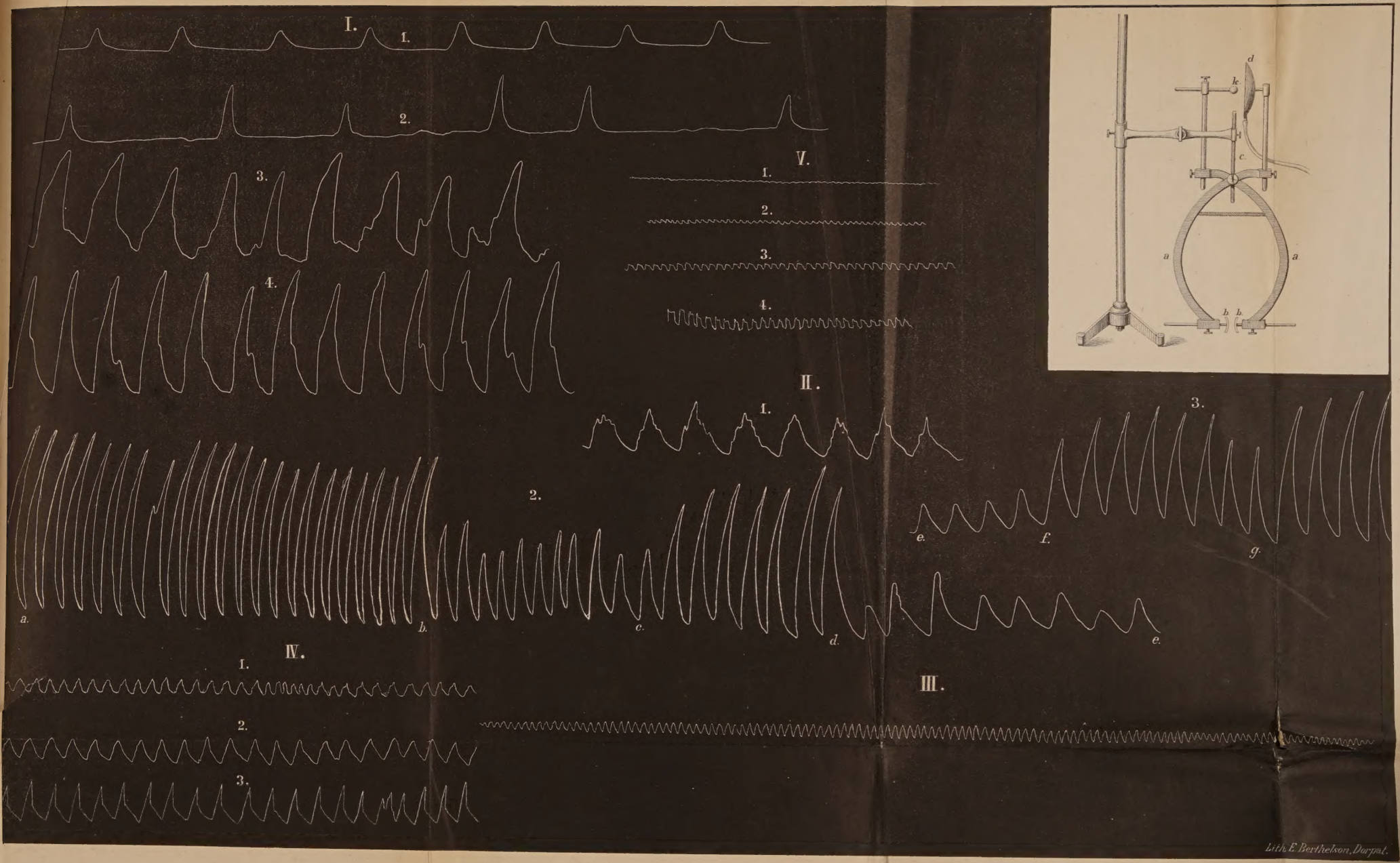
Nr. VIII. a. geschloss. P. Injection einer mittelgrossen Luftmenge b. offener. P.

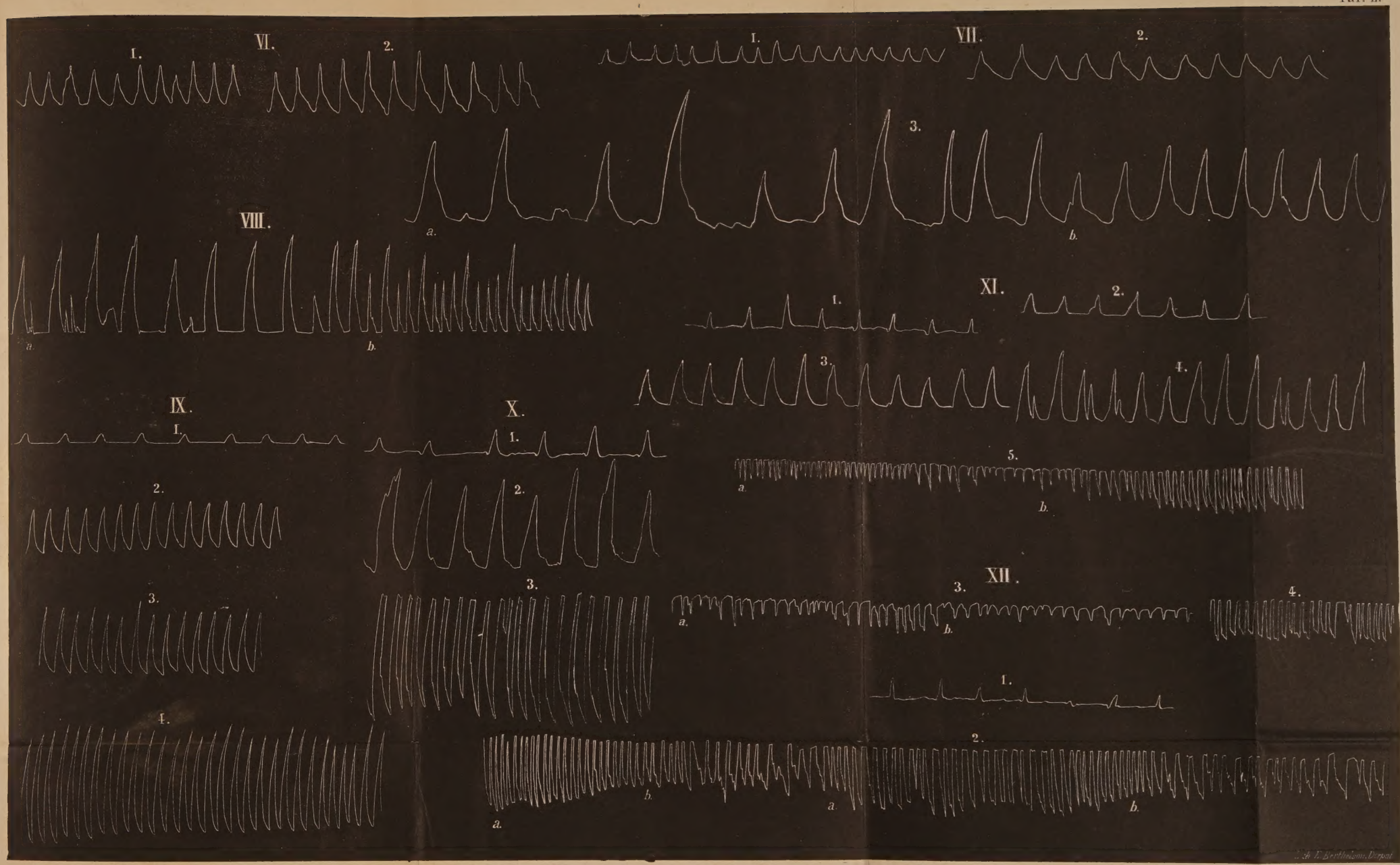
Nr. IX. 1. normal, 2. und 3. Ventilpneumothorax.

Nr. X. 1. normal, 2. und 3. Ventilpneumothorax.

Nr. XI. 1. normal, 2. 3. 4. Ventilpneumothorax, 5. a. Ventilpn. nach langer Einwirkung des Ventils b. offener Pn.

Nr. XII. 1. normal, 2. a. a. Ventilpn., b. b. geschloss. P., 3. a. Ventilpn. nach langer Einwirkung des Ventils b. geschloss. P., 4. offener P.


I.
1.
2.
3.
4.
V.
1.
2.
3.
4.
II.
1.
2.
a.
b.
c.
d.
3.
e.
f.
g.
e.
IV.
1.
2.
3.
III.
d
k
c
a
a
b
b
Lith. E. Berthelson, Dorpat.


VI.
1.
2.
VII.
1.
2.
3.
a.
b.
VIII.
a.
b.
XI.
1.
2.
3.
4.
5.
a.
b.
IX.
1.
2.
3.
4.
X.
1.
2.
3.
a.
b.
XII.
1.
2.
3.
4.
a.
b.
a.
b.

algeschyaist
ahrigen K